

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BIOMASSA E ENERGIA RENOVÁVEL
BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA TECNOLOGIA

LIVRO TECNOLOGIA INDUSTRIAL BIOCARBONO

2025

E
D
I
T
O
R
A

B
R
A
S
I
L

B
I
O
M
A
S
S
A



BIOCARBONO BIO-ÓLEO E GÁS
USO ENERGÉTICO INDÚSTRIAS ALUMÍNIO
CIMENTOS E SIDERÚRGICO

SUMÁRIO EXECUTIVO

LIVRO TECNOLOGIA INDUSTRIAL BIOCARBONO

INTRODUÇÃO.....	19
I. Declarações Prospectivas	
II. Apresentação do Livro Biocarbono	
III. Objetivos do Livro Biocarbono	
IV. Metodologia Geral do Livro Biocarbono	
V. Conclusões Preliminares	
DIRETRIZES GERAIS.....	50
a. Diretrizes Gerais do Setor Siderúrgico Nacional	
b. Perspectivas Futuras Para a Indústria de Ferro e Aço	
c. Medidas do Governo Federal e a Expansão da Estrutura Produtiva no Brasil	
d. Diretriz do Processo de Produção de Ferro e Aço	
e. Produção Primária e Secundária de Ferro e Aço	
f. Diferentes Estágios na Produção Siderúrgica	
g. Tecnologias para Fornecimento de Calor e Energia	
h. Emissões Atuais e Uso de Energia	
i. Evolução do Consumo de Energia e Emissões de CO2	
j. Demanda de Calor e Energia	
k. Carbono e Combustíveis Utilizados no Processo	
l. Ambiente de Negócios do Setor Siderúrgico	
m. Estrutura de Mercado Industrial	
n. Estratégias de Negócios e Investimentos do Setor	
o. Financiamento e Investimentos do Setor Siderúrgico	
p. Caminhos da Descarbonização Industrial das Siderurgias	
q. Aspectos Preliminares da Descarbonização	

- r. Caminhos e Cenários da Descarbonização
- s. Caminho de Redução de 20-40% de CO2
- t. Caminho de Redução de 40-60% de CO2
- u. Caminho Técnico Máximo
- v. Custos do Caminho de Descarbonização
- x. Regras Gerais de Custos
- z. Cálculo dos Custos do Caminho de Descarbonização
- w. Resultados da Análise de Custos
- y. Análise de Sensibilidade
 - aa. Evolução da Linha de Base
 - ab. Análise do Potencial de Redução de Emissões
 - ac. Tecnologias para Reduzir Emissões de Carbono
 - ad. Biomassa Sustentável e Bioenergia
 - ae. Intensidade de Carbono da Biomassa
 - af. Biocarbono
 - ag. Captura e Armazenamento de Carbono
 - ah. Recuperação de Calor com Tecnologias Avançadas
 - ai. Potencial de Descarbonização no Setor de Ferro e Aço
 - aj. Facilitadores e Barreiras para a Descarbonização no Setor de Ferro e Aço
 - ak. Divisão BF-BOF/EAF
 - al. Eficiência do Material
 - am. Estratégia de Descarbonização sem Captura de Carbono
 - an. Estratégia de Descarbonização com Biomassa e sem Captura de Carbono
 - ao. Estratégia de Descarbonização com Biomassa e Captura de Carbono
 - ap. Opções de Curto Prazo
 - aq. Soluções de Retrofit e Reconstrução sem Captura de Carbono
 - ar. Implicações de Facilitadores e Barreiras
 - as. Conclusões Estratégicas

- as1. Estratégia, Liderança e Organização
- as2. Barreiras do Caso de Negócios
- as3. Custos Futuros de Energia
- as4. Segurança do Fornecimento de Energia
- as5. Contexto da Política Energética Industrial
- as6. Descarbonização da Rede Elétrica
- as7. Eletrificação do Calor e Bioeletricidade
- as8. Eficiência Energética e Recuperação de Calor
- as9. Disponibilidade de Combustível e Matéria-prima para Descarbonização
- as10. Estrutura de Mercado e Concorrência
- as11. Colaboração na Cadeia de Valor
- as12. Empregos Verdes no Setor Siderúrgico

CAPÍTULO I BIOMASSA PRODUÇÃO BIOCARBONO.....	100
Seção 1 Biomassa Lignocelulósica.....	100
1.1. Biomassa Lignocelulósica	
1.1.1. Estrutura Molecular	
1.1.1.1. Celulose	
1.1.1.2. Hemicelulose	
1.1.1.3. Lignina	
1.1.2. Caracterização de Biomassa Lignocelulósica	
1.1.3. Variáveis físico-químicas da Biomassa Lignocelulósica	
1.1.4. Parâmetros de Análise Estrutural e Termogravimétrica	
1.1.5. Parâmetros de Análise e de Composição Química Imediata	
1.1.5.1. Teor de Umidade	
1.1.5.2. Poder Calorífico Superior e Inferior	
1.1.6. Composição Básica de um Combustível: Elementos Químicos	
1.1.6.1. Elementos Químicos	

1.1.7. Compostos Voláteis

1.1.7.1. Teor de Material volátil

1.1.7.2. Teor de Carbono fixo

1.1.7.3. Densidade Aparente

1.1.7.4. Composição das Cinzas da Biomassa

1.1.8. Parâmetros de Composição Química Elementar

1.1.9. Caracterização por análise térmica

Seção 2 Biomassa Florestal e do Processo Industrial da Madeira150

1.2. Biomassa Origem Sustentável

1.2.1. Biomassa Energética Florestal

1.2.1.1. Biomassa Florestal Residual

1.2.1.2. Biomassa de Exploração Florestal

1.2.1.3. Biomassa Processo Industrial Madeira

1.2.2. Diretrizes do Suprimento de Biomassa Florestal e da Madeira

1.2.2.1. Requisitos Fornecimento Biomassa Suprimento Energético

1.2.2.2. Diretrizes de Abastecimento de Biomassa Florestal e da Madeira

1.2.2.3. Cadeia de Suprimento de Biomassa Florestal e da Madeira

1.2.2.4. Custo da Cadeia de Suprimento de Biomassa Florestal e da Madeira

1.2.2.5. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

1.2.2.6. Abordagem de Projeção da Cadeia de Suprimento de Biomassa

1.2.2.7. Modelo de Sistema de Fornecimento. Biomassa ao Setor Siderúrgico

1.2.3. Biomassa Florestal e Madeira Fonte de Energia ao Setor Siderúrgico

Seção 3 Biomassa Agricultura e Agroindustrial.....190

1.3. Biomassa Agricultura e do Beneficiamento Agroindustrial

1.3.1. Culturas da Agricultura para Geração de Energia Produção Ferro e Aço

1.3.1.1. Algodão Herbáceo Produção e Disponibilidade e Resíduos

1.3.1.2. Amendoim Produção e Disponibilidade e Resíduos

1.3.1.3. Arroz Produção e Disponibilidade e Resíduos	
1.3.1.4. Café Produção e Disponibilidade e Resíduos	
1.3.1.5. Feijão Produção e Disponibilidade e Resíduos	
1.3.1.6. Milho Produção e Disponibilidade e Resíduos	
1.3.1.7. Soja Produção e Disponibilidade e Resíduos	
1.3.1.8. Trigo Produção e Disponibilidade e Resíduos	
Seção 4 Biomassa Cana-de-açúcar	230
1.4. Biomassa Cana-de-Açúcar Combustível Energético	
1.4.1. Cana-de-açúcar Produção e Disponibilidade e Resíduos	
1.4.2. Resíduos da Palha da Cana-de-açúcar	
1.4.2.1. Quantitativo de disponibilidade da Biomassa da Palha da Cana-de-açúcar	
1.4.3. Resíduos do Bagaço da Cana-de-açúcar	
1.4.3.1. Quantitativo de disponibilidade da Biomassa do Bagaço da Cana-de-açúcar	
CAPÍTULO II ROTAS DE CONVERSÃO DE BIOMASSA.....	250
Seção 1 Rotas de Conversão da Biomassa	250
3.1. Rotas de Conversão da Biomassa	
3.1.1 Pré-tratamento da Biomassa	
3.1.1.1 Pré-tratamento da Biomassa	
3.1.1.2 Pré-tratamento da Térmico	
3.1.1.3 Pré-tratamento por explosão de vapor	
3.1.1.4 Pré-tratamento por micro-ondas	
3.1.1.5 Pré-tratamento por água quente líquida	
3.1.1.6 Outros tipos de pré-tratamentos da biomassa	
3.1.2 Secagem da Biomassa	
3.1.2 1. Secadores de tambores rotativo	
3.1.2.2. Secadores de Pás de Biomassa	

- 3.1.2.3. Secadores de leito fluidizado de biomassa
- 3.1.2.4. Secador de esteira de biomassa
- 3.1.2.5. Secadores de bandeja
- 3.1.2.6. Secadores Flash.
- 3.1.2.7. Secadores de vapor superaquecido
- 3.1.2.8. Secadores de cascata
- 3.1.2.9. Principais componentes de um secador de biomassa.
- 3.1.2.10. Critérios de seleção de secador de biomassa
- 3.1.3 Moagem da Biomassa
- 3.1.4 Processos de Conversão da Biomassa
- 3.1.5 Conversão Termoquímica

CAPÍTULO III TECNOLOGIA INDUSTRIAL DE PIRÓLISE290

Seção 1 Processo Termoquímicos Produção de Biocarbono290

3.1. Processos Termoquímicos Produção de Biocarbono

3.1.1. Torrefação

3.1.2. Pirólise

3.1.2.1. Carbonização ou pirólise lenta

3.1.2.2. Pirólise convencional

3.1.2.3. Pirólise flash

3.1.2.4. Pirólise Rápida

3.1.2.5. Pirólise de Alta Temperatura

3.1.3. Gaseificação

3.1.3.1. Gaseificador de leito fixo

3.1.3.2. Gaseificador updraft

3.1.3.3. Gaseificador downdraft

3.1.3.4. Gaseificador de leito fluidizado

3.1.4. Carbonização Hidrotérmica

SEÇÃO 2 Processo de Pirólise330

3.2. Processos de Conversão Térmica pela Pirólise

3.2.1. Processo de degradação térmica do tipo pirólise em base seca

3.2.1.1. Fase gasosa (gás pirolítico)

3.2.1.2. Fase líquida (extrato pirolenhoso)

3.2.1.3. Fase sólida (material carbonáceo pirogênico ou biocarbono)

3.2.2. Classificação dos tipos de pirólise quanto ao ajuste das condições operacionais

3.2.2.1. Carbonização ou pirólise lenta

3.2.2.2. Pirólise convencional

3.2.2.3. Pirólise flash

3.2.2.4. Pirólise Rápida

3.2.2.5. Pirólise de Alta Temperatura

3.2.3. Mecanismos envolvidos no processo de pirólise em base seca

3.2.3.1. Tipos de pirólise em base seca quanto ao ajuste das condições operacionais

SEÇÃO 3 Reatores de Pirólise.....360

3.3. Reatores para Pirólise

3.3.1. Reatores sob modo de operação batelada

3.3.2. Reatores sob modo de operação contínuo

3.3.3. Planta de pirólise rápida em escala piloto

3.3.3.1. Reator de leito fluidizado

.3.3.3.1. Reator Leito fluidizado circulante

3.3.3.2. Pirolisador de cone rotativo

3.3.3.3. Reator ablativo

3.3.3.4. Reator rosca sem fim

3.3.3.5. Variáveis de processo e aspectos operacionais de reatores pirolíticos

3.3.3.6. Escala de processo dos reatores pirolíticos

3.3.3.7. Distribuição dos produtos de pirólise (gás, líquido e sólido) em função da caracterização da biomassa e do ajuste de variáveis de processo

SEÇÃO 4 Processo Pirólise Biocarbono	400
3.4. Pirólise para a produção de Biocarbono	
3.4.1. Aplicações da pirólise lenta	
3.4.1.1. Pirólise Rápida	
3.4.2. Influência das características da biomassa no rendimento e qualidade do Biocarbono	
3.4.3. Composição físico química da biomassa	
3.4.3.1. Propriedades Morfológicas	
3.4.3.1.1. Densidade básica	
3.4.3.1.2 Teor de umidade	
3.4.3.1.3. Poder calorífico	
3.4.3.1.4. Composição química elementar	
3.4.4. Caracterização da biomassa	
3.4.5. Pirólise da Biomassa	
3.4.6. Modelos Cinéticos da pirólise	
3.4.7. Parâmetros operacionais que influenciam o processo de pirólise	
3.4.7.1 Temperatura de reação	
3.4.7.2. Tempo de residência	
3.4.7.3. Taxa de aquecimento	
3.4.7.4. Tipo de atmosfera e Pressão	
3.4.8. Pirólise em leito fixo	
CAPÍTULO IV BIO-ÓLEO, GÁS E BIOCARBONO.....	450
Seção 1 Bio-Óleo	450
4.1. Produtos da pirólise	
4.1.1. Bio-óleo	
4.1.1.1. Propriedades do bio-óleo	
4.1.1.2 Características do bio-óleo	
4.1.1.3 Teor de água no bio-óleo	

4.1.1.4 Densidade do bio-óleo	
4.1.1.5 Teor de sólidos	
4.1.1.6 Teor de oxigênio	
4.1.1.7 Poder calorífico	
4.1.1.8 Aplicações do bio-óleo	
4.1.1.9 Upgrading do bio-óleo	
Seção 2 Gás Sintético	480
4.2. Gases da carbonização	
4.2.1. Gás natural sintético – Syngas	
Seção 3 Biocarbono	485
4.3. Biocarbono	
4.3.1. Aspectos Gerais de Produção do Biocarbono	
4.3.2. Fatores de influência: biocarbono Parâmetros de caracterização da biomassa	
4.3.3. Fatores de influência: Parâmetros de processo de biocarbono	
4.3.4. Parâmetro de influência mais relevante na caracterização: Temperatura	
4.3.5. Biocarbono combustível energético para minimizar os gases de efeito estufa	
4.3.6. Biocarbono como substituto dos combustíveis fósseis	
4.3.7. Biocarbono, bio-óleo e gás sintético ao caminho de uma economia neutra em carbono	
4.3.8. Vantagens e benefícios do biocarbono	
4.3.8.1. Aumento do valor energético da biomassa	
4.3.8.2. Menor conteúdo de umidade	
4.3.8.3. Combustão limpa	
4.3.8.4. Redução das emissões dos GEE	
4.3.8.5. Fácil implementação	
4.3.8.6. Maior compatibilidade ambiental	
4.3.8.7. Uso energético como combustível zero carbono para as siderúrgicas	

4.3.8.8. Uso energético como combustível zero carbono para as cimenteiras

Seção 4 Tecnologia Biogreen530

4.4. Tecnologia Biogreen

4.4.1. Propriedades reológicas e características de fluxo da matéria-prima

4.4.2. Sistema Industrial

4.4.3. Sistema de secagem

4.4.4. Sistema de Pirólise

4.4.5. Câmara de Pirólise

4.4.6. Sistema de Refrigeração

4.4.7. Sistema de transporte

4.4.8. Tecnologia de Pirólise em Contêineres

Seção 4 Biocarbono nos Processos Siderúrgicos560

4.5. Caminhos da Descarbonização do Setor Ferro e Aço

4.5.1. Aumento de Eficiência dos Processos, e Integração Energética

4.5.2. Coque e o Biocarbono

4.5.3. Descarbonização com Biocarbono da Rota BF BOF de Tecnologia Convencional

4.5.4. Transição para o Aço Verde: Projetos de Redução

4.5.5. Aprimoramento Tecnológico Setor Siderúrgico

4.5.6. Tecnologia Redução Direta de Ferro e Forno Elétrico Arco

4.5.7. Tecnologias Inteligentes de Baixo Carbono

4.5.8. Aplicações do Biocarbono em Processos de Fabricação de Aço

4.5.8.1. Altos-fornos

4.5.8.2. Fabricação de Coque

4.5.8.3. Biocoque Renovável

4.5.8.4. Sinterização e Biocarbono

4.5.9. Biocarbono ativado como substituto carvão siderúrgico

4.5.10. Biocarbono ativado

- 4.5.10.1. Propriedades texturais do biocarbono ativado
- 4.5.10.2. Ativação do biocarbono
- 4.5.10.3. Ativação química e física
- 4.5.10.4. Impregnação em solução
- 4.5.10.5. Agentes de ativação
- 4.5.10.6. Comportamento energético
- 4.5.11. Estágio final de produção de biocarbono

CAPÍTULO V PIRÓLISE (BIOCARBONO) BIOMASSA DE EUCALIPTO.....620

- 5.1. Biomassa da casca de eucalipto
- 5.2. Tipos de casca de eucalipto
- 5.3. Volume de casca na extração florestal
- 5.4. Casca do descascamento e limpeza das toras na indústria
- 5.5. Determinação do peso dos resíduos (cascas) descartados do processo
 - 5.5.1. Peso das cascas de Eucalyptus, descartados do processo
 - 5.5.2. Cálculo do aproveitamento das cascas como matéria-prima para a produção de biocarvão
 - 5.5.2.1. Geração média de cascas
 - 5.5.3. Caracterização de biomassa lignocelulósica (variáveis físico-químicas)
 - 5.5.4. Composição físico-química da casca de eucalipto
 - 5.5.5. Caracterização da casca de eucalipto
- 5.6. Pirólise da Casca de Eucalipto
 - 5.6.1. Modelos Cinéticos da pirólise
 - 5.6.2. Pirólise da casca de eucalipto em leito fixo
 - 5.6.2.1. Regimes de fluidização
 - 5.6.2.2 Reatores de leito fluidizado aplicados à pirólise rápida da casca de eucalipto
 - 5.6.2.3 Reações secundárias em reatores de leito fluidizado
- 5.7. Produtos da pirólise rápida da casca de eucalipto

- 5.7.1. Bio-óleo
- 5.7.2. Gases da carbonização
 - 5.7.2.1. Gás natural sintético – Syngas
- 5.7.3 Biocarbono da casca de eucalipto
- 5.8 Conclusões

CAPTÍTULO VI PIRÓLISE (BIOCARBONO) DA BIOMASSA DO BAMBU.....680

6.1 Bambu

- 6.1.1 Aplicações da pirólise lenta da Biomassa do Bambu
- 6.1.2. Influência das características da biomassa no rendimento e qualidade dos produtos da pirólise do Bambu
 - 6.1.2.1 Composição química
 - 6.1.2.2 Propriedades Morfológicas
- 6.1.3 Parâmetros operacionais que influenciam o processo de pirólise do Bambu
 - 6.1.3.1. Temperatura de reação
 - 6.1.3.2. Tempo de residência
 - 6.1.3.3. Taxa de aquecimento
 - 6.1.3.4. Tipo de atmosfera
 - 6.1.3.5. Pressão
- 6.1.4. Avaliação das qualidades dos produtos sólido e líquido da pirólise do Bambu
 - 6.1.4.1 Composição imediata
 - 6.1.4.2 Composição elementar
 - 6.1.4.3 Potencial hidrogeniônico, pH
 - 6.1.4.4 Poder calorífico, PCS e PCI
 - 6.1.4.5 Densidade energética
 - 6.1.4.6 Análises termogravimétricas
- 6.1.5. Propriedades morfológicas do produto sólido do biocarbono de bambu
 - 6.1.5.1. Área superficial específica

- 6.1.5.2. Distribuição e volume de poros
- 6.1.5.3. Propriedades morfológicas mediante microscopia eletrônica de varredura (MEV).
- 6.1.6. Aplicações de bambu em processos de termoconversão
- 6.1.7. Conclusões

VII PIRÓLISE (BIOCARBONO) DA PALHA E SABUGO DO MILHO.....720

- 7.1. Pirólise da Palha e Sabugo de milho
 - 7.1.1 Processos de conversão térmica
 - 7.1.2 Pirólise do Milho
 - 7.1.3 Pirólise rápida da biomassa do milho
 - 7.1.4 Produtos da pirólise rápida da biomassa do milho
 - 7.1.4.1. Biocarbono da biomassa do milho
 - 7.1.4.2. Gases não condensáveis da pirólise da biomassa do milho
 - 7.1.4.3. Bio-óleo da pirólise da biomassa do milho
 - 7.1.5. Efeito dos parâmetros de reação na pirólise rápida de biomassa do milho
 - 7.1.6. Efeito da temperatura de reação
 - 7.1.7. Efeito da taxa de aquecimento
 - 7.1.8. Efeito do tempo de residência e vazão de gás inerte de arraste
 - 7.1.9. Efeito do tamanho da partícula de biomassa do milho
 - 7.1.10. Efeito da composição da biomassa do milho
 - 7.1.11. Efeito da adição de catalisadores
 - 7.1.12. Efeito do uso de sólidos inertes em um leito fluidizado
 - 7.1.13 Análise Térmica da Pirólise da Biomassa do Milho
 - 7.1.13.1. Termogravimetria (TG) e Termogravimetria Derivada (DTG)
 - 7.1.13.2. Modelos cinéticos de degradação térmica
 - 7.1.13.3. Modelos de reação global e de energia de ativação distribuída
 - 7.1.13.4. Modelo de reações paralelas e independentes
 - 7.1.14. Procedimento técnico da pirólise da biomassa do milho

- 7.1.14.1. Matéria-prima utilizada
- 7.1.14.2. Palha e Sabugo de milho
- 7.1.14.3. Catalisadores
- 7.1.14.4. Caracterização da biomassa da palha e sabugo do milho
- 7.1.14.5. Densidade do Sabugo do milho
 - 7.1.14.5.1. Densidade aparente
 - 7.1.14.5.2. Densidade real
 - 7.1.14.5.3. Densidade bulk
 - 7.1.14.5.4. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)
 - 7.1.14.5.5. Poder calorífico
 - 7.1.14.5.6. Análise imediata
 - 7.1.14.5.7. Teor de umidade
 - 7.1.14.5.8. Teor de voláteis
 - 7.1.14.5.9. Teor de cinzas
 - 7.1.14.5.10. Carbono fixo
- 7.1.14.6. Análise elementar da palha e do sabugo do milho
- 7.1.14.7. Composição química das fibras lignocelulósicas
- 7.1.14.8. Análises termogravimétricas
- 7.1.14.9. Pirólise analítica da palha e sabugo do milho
 - 7.1.14.9.1. Micropirólise acoplada a GC/MS
 - 7.1.14.9.2. Micropirólise catalítica
 - 7.1.14.9.3. Planejamento de experimentos (Fatorial 3k)
- 7.1.14.10. Pirólise rápida em leito fluidizado borbulhante da palha e sabugo do milho
 - 7.1.14.10.1. Unidade experimental Pirólise rápida em leito fluidizado borbulhante da palha e sabugo do milho
- 7.1.14.11. Procedimento experimental da pirólise da palha e sabugo do milho
 - 7.1.14.11.1. Caracterização do bio-óleo
 - 7.1.14.11.1.1. Teor de água

- 7.1.14.11.1.2. Viscosidade
- 7.1.14.11.1.3. Poder calorífico
- 7.1.14.11.1.4. Análise elementar
- 7.1.14.11.1.5. pH
- 7.1.14.11.1.6. Identificação dos compostos via GC/MS
- 7.1.14.11.2. Caracterização do biocarbono
 - 7.1.14.11.2.1. Densidade
 - 7.1.14.11.2.2. Microscopia eletrônica de varredura
 - 7.1.14.11.2.3. Análise elementar
 - 7.1.14.11.2.4. Análise termogravimétrica
- 7.1.14.12. Resultado Final da Pirólise da Palha e do Sabugo do Milho
- 7.1.14.12. Resultado Final da Pirólise da Palha e do Sabugo do Milho
 - 7.1.14.12.1. Caracterização da biomassa do milho
 - 7.1.14.12.2. Densidades aparente, real e bulk
 - 7.1.14.12.3. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)
 - 7.1.14.12.4. Poder calorífico
 - 7.1.14.12.5. Análise imediata
 - 7.1.14.12.6. Análise elementar
 - 7.1.14.12.7. Composição química
- 7.1.14.13. Análises termogravimétricas
 - 7.1.14.13.1. Cinética de degradação térmica
 - 7.1.14.13.2. Modelos cinéticos
- 7.1.14.14. Pirólise analítica da Palha e Sabugo do Milho
 - 7.1.14.14.1. Efeito da temperatura na pirólise analítica da palha e sabugo de milho
 - 7.1.14.14.2. Efeito da presença de catalisadores na pirólise analítica da palha e sabugo de milho
 - 7.1.14.14.3. Análise estatística do planejamento de experimentos
- 7.1.14.15. Pirólise rápida em reator contínuo de leito fluidizado borbulhante

- 7.1.14.15.1. Ensaio na unidade experimental
- 7.1.14.15.2. Resultado final do bio-óleo da palha e sabugo do milho
 - 7.1.14.15.2.1. Propriedades físico-químicas do bio-óleo
- 7.1.14.15.3. Resultado do resíduo sólido da pirólise: biocarbono
 - 7.1.14.15.3.1. Caracterização do resíduo sólido - biocarbono da pirólise da palha e sabugo do milho
- 7.1.15. Conclusivamente

VIII PIRÓLISE (BIOCARBONO) PALHA E BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR....810

- 8.1. Biomassa Lignocelulósica da Cana-de-açúcar
 - 8.2.1. Palhiço da cana-de-açúcar
 - 8.2.2. Bagaço da cana-de-açúcar
 - 8.2.3. Gestão ambiental dos resíduos da cana-de-açúcar
 - 8.2.4. Emissões atividade da cana-de-açúcar
 - 8.2.5. Conversão biomassa da cana-de-açúcar em combustível energético
 - 8.2.6. Viabilidade na utilização dos resíduos da cana-de-açúcar
 - 8.2.7. Importância dos tratamentos dos resíduos da cana-de-açúcar
 - 8.2.8. Caracterização dos recursos dendroenergéticos da biomassa da cana-de-açúcar
 - 8.2.9. Diretrizes Gerais de Produção de Biocarbono Biomassa Cana-de-açúcar
 - 8.2.10. Pirólise da Biomassa da Cana-de-açúcar
 - 8.2.11. Tipos de pirólise para produção Biocarbono da cana-de-açúcar
 - 8.2.12. Composição do biocarbono da palha e do bagaço de cana-de-açúcar
 - 8.2.13. Utilização de biocarbono de cana-de-açúcar para setor alumínio, cimentos e siderúrgico
 - 8.2.14. Utilização de técnica analítica na caracterização de biocarbono de bagaço de cana-de-açúcar

Brasil Biomassa Consultoria Engenharia Tecnologia.....850

Livro Biocarbono, Bio-óleo e Gás de Síntese

Catálogo na Fonte Brasil.

Brasil Biomassa e Energia Renovável. Curitiba. Paraná. 2025

Conteúdo: 1. Crise Climática e Energética e a Transição Energética Combustíveis Fósseis para Energia Renovável 2. Biomassa e Biocarbono para Reduções Emissões GEE 3. Transição Economia Competitiva, Circular, Resiliente e Neutra em Carbono 4. Diretrizes Gerais de Produção de Biocarbono, Bio-óleo e Gás de Síntese 5. Projeção de Produção de Biocarbono com uso dos tipos de Biomassa no Brasil 6. Avanços e Desafios recentes na Produção de Biocarbono 7. Conversão Termoquímica do Biocarbono Partir da Biomassa 8. Tecnologia de Produção de Biocarbono, Bio-óleo e Gás de Síntese 9. Comparação das Características de Diferentes Tecnologias de Produção de Biocarbono, Bio-óleo e Gás de Síntese 10. Desafios no Desenvolvimento da Tecnologia de Produção de Biocarbono como substituto do Carvão e do Coque Metalúrgico

II. Título. CDU 621.3(81)"2030" : 338.28 CDU 620.95(81) CDD333.95 (1ed.)

Todos os direitos reservados a Brasil Biomassa e Energia Renovável

Copyright by Celso Marcelo de Oliveira

Tradução e reprodução proibidas sem a autorização expressa do autor.

Nenhuma parte deste estudo pode ser reproduzida ou transmitida de qualquer forma ou meio, incluindo fotocópia, gravação ou informação, ou por meio eletrônico, sem a permissão ou autorização por escrito do autor. Lei 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Edição eletrônica no Brasil e Portugal em versão eletrônica

© 2025 ABIB Brasil Biomassa e Energia Renovável

Edição 2025

Total 900 páginas.

Proibida a reprodução com ou sem fins lucrativos, parcial ou total, por qualquer meio impresso e eletrônico.

APRESENTAÇÃO DO LIVRO BIOCARBONO



Em nome da Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável e dos numerosos colaboradores no desenvolvimento do Livro Tecnologia Industrial Biocarbono tenho o prazer de apresentar o primeiro Livro desenvolvido no Brasil sobre o potencial de produção de biocarbono para um futuro de baixo carbono nos setores industriais mais intensivos em calor no Brasil.

As alterações climáticas apresentam-se como um dos maiores desafios para a humanidade neste século. Vivemos numa época onde somos sobrecarregados com informações sobre o impacto dos combustíveis fósseis no nosso planeta, que podem ter consequências negativas sobre a atividade humana, ao nível social, económico e ambiental. O aumento populacional aumentou a demanda energética e, segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), até 2030, a demanda energética poderá aumentar em 50% globalmente.

As fontes de energia mais exploradas no mundo são os combustíveis fósseis e seus derivados. O uso excessivo desses combustíveis aumenta os gases de efeito estufa (GEE), como o CO₂, que, por sua vez, têm um efeito notável no aquecimento global e nas mudanças climáticas.

Para lidar com esta questão, a substituição de fontes de energia convencionais por fontes de energia amigas do ambiente é crucial. A substituição a longo prazo de combustíveis fósseis pode ser conseguida através do uso melhorado de opções de energia sustentável no mix energético.

Esse foco renovado significa que as emissões de todos os usos finais de energia precisam ser mitigadas. Embora a eficiência energética, a eletrificação e as energias renováveis possam atingir 70% da mitigação necessária, o Biogás e Biometano será necessário para descarbonizar os usos finais onde outras opções são menos maduras ou mais caras, como indústria pesada, transporte de longa distância e armazenamento sazonal de energia. Considerando essas aplicações, o biocarbono pode contribuir com 10% da mitigação necessária para atingir o Cenário de 1,5 °C e 12% da demanda final de energia.

Para resolver os problemas relacionados à energia, uma fonte de energia alternativa, mas sustentável, é inevitável. Quase 70% do CO₂ é emitido para a atmosfera por meio do processamento de combustíveis fósseis nas indústrias de calor, energia e manufatura e no setor de transporte. Atualmente, o setor de eletricidade e energia é a fonte mais significativa de emissões de CO₂, seguido pelo transporte, manufatura industrial e edifícios (81 Mt CO₂).

Cerca de 37% da demanda global total de energia é contribuída pelo carvão apenas por causa de seu uso principal nas indústrias alumínio, cimentos e siderúrgicas como coque ou carvão de coque de primeira qualidade.

A produção de aço, alumínio, cimento e ferro em todo o mundo aumentou acentuadamente nos últimos anos devido ao aumento da demanda industrial e do consumidor. Para atender à demanda da população em crescimento, prevê-se que o consumo de aço e cimento aumente 1,3 vezes até 2050.

A produção de ferro e aço, considerada a precursora de todos os fabricantes, é uma das indústrias mais importantes para cada nação e contribui para o crescimento nacional e econômico. As indústrias metalúrgicas, especialmente a siderurgia e a produção de ferro, são processos altamente intensivos em carbono porque requerem carbono para liberar oxigênio do óxido metálico. Uma quantidade significativa de energia é necessária para remover o oxigênio ligado, que geralmente é fornecido pelo carvão, onde o carvão atua não apenas como uma fonte de energia, mas também como um redutor.

O consumo global de carvão estabeleceu um aumento recorde para 8,3 bilhões de toneladas, com a China sendo o maior consumidor de carvão (4,4 bilhões de toneladas), seguida pela Índia (976 milhões de toneladas). As indústrias de ferro e aço usaram quase 9305 terawatts-hora de energia do carvão. Cerca de 770 kg de carvão são usados para fabricar uma tonelada de aço .

O uso extensivo do carvão emite quantidades significativas de CO₂ durante a fabricação do aço e ferro, o que contribui para o aquecimento global e outros problemas climáticos. Para cada tonelada de aço produzida, são liberadas quase 1,9 toneladas de CO₂, o equivalente a 8% das emissões totais de CO₂ . A maior parte dessas emissões advém dos processos industriais em que o carvão é usado como fonte de energia e carbono para remover o oxigênio do minério de ferro, o que ocorre em um alto-forno.

Diferentes técnicas disponíveis para a produção de alumínio, cimentos e ferro e aço são o processo básico de alto-forno sem oxigênio, o forno elétrico de redução direta a arco, a fusão da escarpa em forno elétrico a arco e a redução de fundição em forno básico de oxigênio.

O processo de alto-forno sem oxigênio básico (BF-BOF), um processo preferido para produzir componentes de ferro metálico para a produção de aço, requer coque metalúrgico de alta qualidade.

Nos altos-fornos, o minério de ferro é normalmente abreviado por coques ou carvões e transformado em ferro-gusa rico em carbono, após o qual é descarbonetado em um forno básico de oxigênio e, finalmente, passa por um processo de refino adicional para fabricar aço. Cerca de 72% da produção global de aço bruto é produzida pela técnica BF-BOF. Usando a técnica BF-BOF, 1 tonelada de aço bruto pode ser produzida usando cerca de 1400 kg de minério de ferro, 800 kg de carvão, 120 kg de aço reciclado e 300 kg de calcário.

Além do BF-BOF, existem algumas outras técnicas para produção de aço ou ferro, como fornos elétricos a arco de ferro de redução direta (DRI-EAF), fusão de sucata em fornos elétricos a arco e fornos básicos de oxigênio de redução de fundição (SR-BOF).

Outro método principal para produção de ferro é a fusão de sucata de aço em fornos elétricos a arco, que representa aproximadamente um quarto da produção global de aço. O DRI-EAF representa 5% da produção total de aço em todo o mundo, que geralmente usa gás natural como fonte de energia e redutor. Recentemente, os fornos elétricos a arco ganharam interesse devido às suas várias vantagens, como sua pequena escala, grande eficiência, baixos custos de capital e operação e produtividade. Nessa técnica, uma tonelada de aço bruto precisa de várias matérias-primas, incluindo sucata, oxigênio, calcário, carbono, gás natural e eletrodos nas seguintes quantidades 1036, 56, 28, 21, 4 e 3 kg, respectivamente.

Embora seja necessária uma menor quantidade de carvão como matéria-prima em fornos elétricos a arco, a maior parte da eletricidade utilizada é gerada principalmente por usinas de energia movidas a combustíveis fósseis. Além disso, o método SR-BOF de produção de aço ainda está em desenvolvimento e contribui com apenas 0,4% da demanda mundial por aço. No entanto, o SR-BOF também utiliza carvão para a redução de minérios de ferro.

O processo de fabricação de aço envolveu processamento de metal integrado e elétrico.

O processo de fabricação de aço integrado envolve um alto-forno e um forno básico de oxigênio, onde o minério de ferro é a principal fonte de unidades de ferro. Por outro lado, o processo de fabricação de aço elétrico envolve um forno elétrico a arco, onde a sucata de aço ou o ferro reduzido diretamente são a principal fonte de ferro. Atualmente, o processo de fabricação de aço integrado domina a produção global de aço, contribuindo com 72% da produção total de aço

Devido às emissões significativas de gases de efeito estufa, os processos de fabricação de ferro e aço precisam priorizar a redução do uso de combustíveis fósseis para mitigar os problemas ambientais.

A formação do ferro e do aço passou por mudanças consideráveis na última década para reduzir o consumo de energia e as emissões de gases, mas mesmo essas melhorias não garantem a viabilidade futura dessa indústria crucial.

Portanto, é hora de introduzir alternativas e fontes de energia sustentáveis para reduzir a dependência de combustíveis fósseis para atender às demandas de energia e aos mandatos de descarbonização.

É extremamente necessário encontrar um substituto eficiente, sustentável e ambientalmente correto para o coque e o carvão. As emissões de gases de efeito estufa dos processos comerciais de fabricação de aço podem ser reduzidas pela mudança para combustíveis alternativos e renováveis ou pelo uso de abordagens de sequestro de carbono. O uso do carvão pode ser reduzido ou eliminado pela adoção de diferentes métodos, como a produção de ferro reduzido diretamente, também conhecido como ferro-esponja. Em vez de usar coque para fundir minério de ferro em um alto-forno para produzir ferro-gusa, agentes redutores alternativos como CO (de carvão ou gás natural) ou H₂ (de carvão, gás natural, água ou biomassa) podem ser empregados para remover o oxigênio do minério de ferro.

As principais abordagens para reduzir as emissões do processo de siderurgia são a alteração do processo de produção por meio da utilização de métodos de baixa emissão com matérias-primas sustentáveis e fontes alternativas de energia e/ou a implementação de métodos de captura de carbono. Outra forma de reduzir as emissões é a modernização das siderúrgicas existentes com as melhores tecnologias disponíveis, como sistemas de recuperação de calor residual, sistemas de têmpera a seco de coque e turbinas de recuperação de alta pressão . Além disso, a captura de carbono é uma abordagem emergente para sequestrar as emissões de carbono antes que sejam liberadas na atmosfera.

Biocombustíveis produzidos a partir de biomassa residual, como biocarbono (biocarvão), bio-óleo ou gás de síntese, podem ser uma substituição propícia para combustíveis fósseis. A utilização direta de biomassa nas indústrias de ferro e aço é limitada devido às suas características, como baixa moabilidade, alta umidade, natureza heterogênea e baixo conteúdo energético.

O biocarbono pode ser produzido a partir de torrefação, carbonização, pirólise e gaseificação de biomassa. Várias reações estão envolvidas nesses processos termoquímicos, como desidratação, desidroxilação, descarboxilação, despolimerização, desaminação, reforma e aromatização, levando ao craqueamento térmico da biomassa para produzir biocarbono e outros produtos de biocombustíveis, como bio-óleo e gás.

O biocarbono tem recebido muito interesse como um substituto potencial devido à sua alta combustibilidade, alto conteúdo energético, melhor moabilidade e capacidade reduzida. Além disso, a principal vantagem do uso de biomassa ou biocarbono como combustível é a sua neutralidade de carbono, ou seja, a quantidade de CO₂ emitida para a atmosfera através da queima da biomassa ou biocarbono consumidos pela planta durante a fotossíntese. Portanto, as emissões líquidas de carbono para a atmosfera são zero se a biomassa for usada em processos industriais.

Avaliando as propriedades físico-químicas do biocarbono em comparação com o carvão e o coque para uso nas indústrias de alumínio, cimentos e siderurgia. As propriedades únicas da biomassa bruta, como alto valor de umidade, alto teor de cinzas e baixo valor calorífico, dificultam sua utilização direta nas indústrias como um substituto para combustíveis fósseis.

No entanto, as características do biocarbono derivado de várias tecnologias de conversão são muito melhores do que a biomassa bruta, que tem o potencial de substituir o carvão devido a ter propriedades semelhantes ao carvão ou coque de baixa volatilidade . O biocarbono pode ter menor teor de cinzas e valor calorífico e teor de carbono comparativamente maiores do que o carvão.

O teor de carbono fixo do biocarbono é comparável ao do carvão . O alto teor de carbono do biocarbono também leva à sua maior densidade energética. O valor calorífico do biocarbono depende muito de seus métodos de produção e condições operacionais. A expansão semelhante é válida para a temperatura.

O biocarbono ou carvão ativado pode demonstrar maior porosidade e alta área de superfície, levando a maior reatividade e adsorção de poluentes do que o carvão. Essa propriedade do biocarbono também tem um impacto considerável no processo de sinterização e na qualidade do produto. A maior porosidade faz com que o minério de ferro e o coque se aglomerem em temperaturas mais baixas, resultando em menor consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa durante a sinterização.

O uso de biomassa carbonizada na produção de alumínio, cimento e ferro e aço ainda é relativamente novo e enfrenta forte concorrência de sistemas de energia a carvão. O uso de biocarbono em processos comerciais também enfrenta desafios técnicos e econômicos.

A torrefação é mais popular como um pré-tratamento de biomassa; no entanto, também pode ser usada para conversão de biomassa. É um processo de conversão termoquímica de biomassa que ocorre em faixas de temperatura entre 200 e 300 °C por 10–60 min na ausência de oxigênio [1]. No entanto, também pode ser conduzido na presença de oxigênio e CO₂. Pode ser ainda classificada como torrefação seca e torrefação úmida. A torrefação é um processo de conversão de baixa temperatura, em comparação com outros processos de conversão termoquímica. No entanto, ela avança notavelmente as propriedades físico-químicas da biomassa bruta e produz um biocombustível homogêneo, estável e de alto grau com maior densidade energética e valor de aquecimento e melhor moabilidade, resultando em vantagens substanciais de logística, manuseio e armazenamento, juntamente com uma variedade de usos. Assim, a torrefação recentemente atraiu o interesse da indústria e de instituições de pesquisa.

A torrefação reduz os conteúdos de oxigênio e hidrogênio da biomassa, resultando em menos vapor d'água e fumaça sendo liberados durante a combustão. O principal produto da torrefação é o biocarbono torrefeito, que é caracterizado por maior teor de carbono, alto teor de energia, hidrofóbico, mais quebradiço, melhor ignição e resistência à degradação microbiana. A torrefação ocorre por meio de aquecimento, secagem, desidratação, desoxigenação, despolimerização, desvolatilização e carbonização da biomassa.

A torrefação pode ser operada em um leito fixo, leito fluidizado ou reator de micro-ondas. O rendimento do biocarbono torrefeito depende de vários parâmetros do processo, por exemplo, temperatura, tempo de residência, taxa de aquecimento, carga de alimentação e até mesmo tipo de reator, enquanto a potência de micro-ondas desempenha um papel vital no caso da torrefação de micro-ondas.

A pirólise é a principal rota e é amplamente utilizada para produzir biocarbono e bio-óleo a partir de inúmeras matérias-primas de baixo custo. É a degradação térmica da matéria orgânica pelo tratamento de calor a temperaturas entre 300 e 700 °C em um ambiente desprovido ou limitado de oxigênio.

Durante a decomposição, a celulose, a hemicelulose e a lignina na matéria-prima passam por uma série de reações, nomeadamente, reticulação, fragmentação e despolimerização para criar biocarbono, bio-óleo e gás de síntese. A pirólise pode ser categorizada em três grupos com base na temperatura, como pirólise lenta, rápida e instantânea. O principal produto da pirólise rápida e instantânea é o bio-óleo, enquanto o biocarbono é para pirólise lenta.

Quando a pirólise é realizada em temperaturas que variam de 300 a 500 °C por um tempo de residência mais longo de cerca de 10–100 min com baixas taxas de aquecimento ($0,1–1\text{ °C s}^{-1}$), é conhecida como pirólise lenta. No entanto, além da pirólise lenta, algumas outras pirólises, especialmente a pirólise a vácuo e a pirólise por micro-ondas, estão ganhando atenção nos últimos anos.

O nome da técnica indica que a pirólise a vácuo ocorre em pressão muito baixa ou em vácuo sob pressão de 0,05–0,2 MPa, enquanto a temperatura operacional varia entre 450 e 600 °C. A pirólise por micro-ondas é um dos últimos desenvolvimentos na produção de biocarbono.

Acredita-se que as condições ideais para a produção de biocarbono sejam 400 W de potência de micro-ondas, 450 °C e $4–6\text{ °C min}^{-1}$. Biocarbono de alta qualidade pode ser obtido em temperaturas mais baixas para pirólise por micro-ondas, o que requer temperaturas muito altas para que a pirólise convencional atinja propriedades semelhantes.

O rendimento e as propriedades do biocarbono são significativamente afetados pelos parâmetros operacionais da pirólise, incluindo temperatura, tempo de reação, taxa de aquecimento, composição e tipo de matéria-prima e tipo de reator.

A temperatura é o principal parâmetro que afeta o processo de pirólise. À medida que a temperatura da pirólise aumenta, o rendimento do biocarbono diminui e a produção de gás aumenta. O biocarbono é produzido quando materiais orgânicos degradados passam por polimerização secundária e aromatização durante longos períodos de residência de vapor. A criação de biocarbono, que possui uma quantidade considerável de carbono fixo, resulta de vários processos, incluindo desidratação, descarboxilação, desaminação, desidrogenação e aromatização.

As características físico-químicas do biocarbono, incluindo teor de carbono, teor de hidrogênio, teor de enxofre, composição elementar, porosidade, área de superfície, cristalinidade, pH, aromaticidade, salinidade e condutividade elétrica, são momentaneamente influenciadas pelos parâmetros do processo de pirólise e qualidades da matéria-prima .

Esses fatores também influenciam seu pós-tratamento e aplicações. Existem várias aplicações de biocarbono obtido por pirólise, incluindo como combustível sólido para substituir o carvão nas indústrias siderúrgicas

A gaseificação é outra rota de transformação termoquímica de material orgânico em gás de síntese (CO e H_2) junto com biocarbono em altas temperaturas ($> 500^\circ \text{C}$). O rendimento e a qualidade dos produtos de gaseificação dependem da temperatura do processo, pressão, tempo de reação, razão de equivalência, concentração de matéria-prima, tipo de gaseificador e catalisadores. A gaseificação é geralmente conduzida na presença de vários agentes de gaseificação, como vapor, oxigênio, ar, água ou gás inerte.

A gaseificação convencional, que geralmente é realizada usando ar ou vapor, envolve oxidação parcial, pirólise e reforma a vapor. Vapor, água subcrítica e água supercrítica são usados na gaseificação hidrotérmica de biomassa por meio de deslocamento de água-gás, hidrogenação, reforma, Boudouard e reações de metanação.

O biocarbono produzido a partir da gaseificação é rico em carbono e possui alto poder calorífico. Além disso, a microestrutura do biocarbono obtido a partir da gaseificação é porosa, o que auxilia no processo de combustão. A reação de gaseificação entre carbono e vapor é o principal componente da conversão do carvão. Após ser exposto ao vapor a uma alta temperatura de 800–1000 °C por um período considerável (30–60 min), o biocarbono pode ser ativado com alta área superficial, alto teor de carbono e porosidade.

A forma mais eficaz e eficiente de produção de hidrochar é a carbonização hidrotérmica, que geralmente é realizada em temperaturas comparativamente mais baixas, variando de 180 a 300 °C, sob alta pressão de 0,1 a 25 MPa. Nesse processo, a conversão da biomassa ocorre com água como meio de reação, solvente e catalisador, levando à hidrólise e à clivagem de componentes orgânicos. Em altas temperaturas, a água apresenta uma constante de ionização elevada, o que potencializa o processo de hidrólise de materiais orgânicos.

Quando a reação ocorre a uma temperatura abaixo de 250 °C, o produto alvo é o hidrochar através da carbonização hidrotérmica. Quando temperaturas entre 250 e 400 °C são usadas, o bio-óleo bruto é obtido através da liquefação hidrotérmica envolvendo água subcrítica. A gaseificação hidrotérmica leva à produção de gás de síntese (CO, CO₂, H₂ e CH₄) em temperaturas acima de 400 °C envolvendo água supercrítica. O produto hidrolisado sofre desidratação, fragmentação e isomerização para gerar o produto intermediário, especialmente 5-hidroximetilfurfural, fenóis, ácidos e compostos aromáticos. Esses produtos de degradação intermediários sofrem ainda condensação, polimerização e desidratação intramolecular para gerar hidrochar.

Altos-fornos. Um alto-forno é um tipo de forno metalúrgico usado na fundição para produzir metais industriais, principalmente ferro e aço. Seu nome deriva do "sopro" de ar quente ou ar enriquecido com oxigênio que é insuflado no forno para facilitar a combustão de coque ou carvão e a redução do minério de ferro em ferro fundido. Os altos-fornos são um componente essencial da indústria siderúrgica e têm sido utilizados há séculos na produção de ferro e aço. São estruturas enormes e são utilizados em siderúrgicas integradas, onde minério de ferro, coque e outras matérias-primas são processados em diversas formas de aço.

Avaliando o esquema de um alto-forno onde minério de ferro, coque e calcário são geralmente alimentados nos altos-fornos pela parte superior, que pode ser substituída por biocoque para reduzir a pegada de carbono. Na parte superior do forno, a umidade é removida das matérias-primas enquanto os hidratos e carbonatos são decompostos. A redução indireta de óxidos de ferro por CO e H₂ ocorre na parte inferior do alto-forno a temperaturas de 700–1000 °C. A redução direta de óxidos de ferro e a carbonização pelo coque ocorrem a 1000–1600 °C, e as matérias-primas começam a amolecer e derreter. O ferro fundido e a escória começam a escorrer para o fundo do forno, conhecido como soleira.

Os aditivos e fundentes são usados para transformar os resíduos ou materiais de ganga presentes na carga, principalmente sílica e alumina, em uma escória de baixo ponto de fusão. Essa escória também dissolve as cinzas de coque e ajuda a eliminar o enxofre.

Os altos-fornos podem ser agrupados em duas categorias, como mini altos-fornos, que têm uma capacidade de 50–350 m³, e altos-fornos grandes tradicionais com capacidades superiores a 4000 m³.

O biocarbono é normalmente adicionado aos altos-fornos por meio de carregamento superior ou injeção em tuyeres ou injetado pela parte inferior como injeção de carvão pulverizado.

Se o biocarbono for empregado na produção de ferro, cerca de 203 kg CO_2 t^{-1} de metal quente podem ser emitidos, enquanto 890 kg CO_2 t^{-1} de metal quente podem ser capturados .

Substituir 100% do coque por biocarbono é tecnicamente viável, pois a altura operacional e a pressão de pico em altos-fornos de pequena escala são comparativamente menores. No entanto, no caso de altos-fornos grandes, no máximo 20% de coque pode ser substituído por biocarbono porque requer características da mistura de coque para gerar resistência de carga suficiente e manter a permeabilidade do leito.

A maior taxa de injeção de biocarbono está tipicamente na faixa de 200–220 kg t^{-1} de metal quente, indicando a possibilidade de uma redução de 40% nas emissões líquidas de CO_2 . A adição de biocarbono em 50–100% à mistura de coque reduz as emissões de CO_2 em 3–7% na indústria siderúrgica, que é medida em 0,08–0,2 toneladas de CO_2 t^{-1} de aço bruto. Usar biocarbono em vez de injeção de carvão pulverizado resulta em menos formação de escória devido ao seu menor teor de impurezas e cinzas do que o carvão. Um dos principais desafios na produção de aço virgem é uma pegada de carbono significativamente grande. Além disso, em contraste com altos-fornos, fornos elétricos a arco podem encontrar limitações técnicas na fabricação de aço virgem.

A Rio Tinto estabeleceu um processo de fabricação de ferro com baixo teor de carbono na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento da Biolron, na Austrália Ocidental . A Biolron realizou testes bem-sucedidos do inovador processo de fabricação de ferro em uma planta piloto de pequena escala na Alemanha, utilizando biomassa bruta e energia de micro-ondas como substitutos do carvão para converter o minério de ferro de Pilbara em ferro metálico durante a produção de aço. Ao integrar energia renovável e ciclagem de carbono por meio de biomassa de rápido crescimento, a Biolron reduziu potencialmente as emissões de carbono em até 95%, em comparação com o método tradicional de alto-forno.

Temos os combustíveis de biocarbono sólido em vez de injeção de carvão pulverizado para reduzir drasticamente as emissões de gases de efeito estufa do alto-forno durante a fabricação de ferro. Eles avaliaram sistematicamente o desempenho do biocarbono e desenvolveram um modelo técnico-econômico para avaliar o uso em valor do biocarbono produzido por várias técnicas de pirólise.

Sendo que 10–20% do carbono fóssil (carvão e coque) pode ser substituído com sucesso por materiais alternativos de base biológica para injeção em altos-fornos por meio de injeção de carvão pulverizado. O hidrochar com maior teor de lignina demonstrou maior reatividade, tornando-o mais adequado para aplicações de gaseificação.

No entanto, o hidrochar não é totalmente adequado para substituir totalmente os injetores de base fóssil em altos-fornos. Ele pode ser misturado com antracito em proporções que variam de 30 a 60% em peso, dependendo do material de origem.

Misturar carvão ou coque com biomassa ou biocarbono pode ser uma alternativa promissora para produzir biocoque com propriedades ideais para utilização em altos-fornos.

As características do biocoque para aplicação em um alto-forno enquanto produziam biocoque misturando carvão de coque com biocarbono derivado da pirólise de casca de coco e casca de arroz a 400–600 °C. As proporções de mistura de carvão com biocarbono foram 95:5, 85:15 e 75:25% em peso. A mistura de coque e biocarbono de casca de coco (85:15% em peso) atende aos requisitos do alto-forno para maior eficiência. Um aumento na temperatura de pirólise aumenta a resistência à compressão do biocoque e um aumento nas porções de biocarbono reduz o índice de reatividade do carvão.

As características de combustão de biomassa, hidrochar derivado de biomassa, antracito e uma combinação de hidrochar e antracito por análise termogravimétrica.

Os resultados revelaram que a adição de hidrochar ao antracito melhorou o comportamento de combustão do antracito. As melhores características de combustão foram encontradas quando a proporção de hidrochar foi de 60% em peso na mistura, fornecendo uma energia de ativação de $38,5 \text{ kJ mol}^{-1}$.

No modelo de otimização com foco em reutilização para avaliar a viabilidade do uso de biocarbono para injeção via injeção de carvão pulverizado em altos-fornos. O modelo demonstrou que a substituição de 30% do injetável por biocarbono derivado de biomassa lenhosa levou ao aumento das concentrações de arsênio e chumbo na poeira de combustão do alto-forno, embora seus níveis permanecessem dentro dos limites aceitáveis.

As características físico-químicas do carvão antracito e do biocarbono obtidos de cascas de palmiste. A reatividade do biocarbono era superior à do carvão antracito por ter maior teor de óxido de metal alcalino e estruturas porosas mais desenvolvidas. A viabilidade da aplicação de biocarbono na injeção de alto-forno e observando que ele pode promover a redução indireta, diminuir a quantidade de injeção de carvão e confirmar a operação estável em altos-fornos, reduzindo assim o consumo de coque e a mineração de carvão.

Uma carvão vegetal com carvão de coque em 3, 5 e 8% em peso para explorar seu impacto na reatividade do CO_2 . Seus resultados mostraram que a adição de carvão vegetal ao carvão de coque aumentou a área de superfície do coque e melhorou a reatividade do coque em altos-fornos.

Temos o hidrochar a partir da carbonização hidrotérmica de palha de milho para uso no alto-forno como um biocombustível sólido. Sua análise de caracterização confirmou que a reatividade de combustão do processo de carbonização hidrotérmica superou a do carvão betuminoso, tornando-o um método viável para converter biomassa de palha de milho em combustível de injeção de alto-forno.

O biocarbono também pode ter um impacto no desempenho dos altos-fornos. Foi relatado que uma redução de temperatura da zona de reserva para 850 °C resultou em uma mitigação de 9% de CO₂ com apenas 4% de perda de produtividade do alto-forno quando o biocarbono foi usado. No entanto, reduzir ainda mais a temperatura para 750 °C pode reduzir o CO₂ em apenas 12 %, enquanto aumenta a perda de produtividade em até 14%. Adicionar biocarbono a um alto-forno altera sua massa e trocas de calor, distribuição de gás e perfil de temperatura, não afeta diretamente o processo de fabricação de ferro.

O coque, também conhecido como coque metálico, é uma matéria-prima essencial usada na fabricação de ferro e aço por meio do processo de alto-forno. O coque é o combustível mais caro e crucial, sendo feito por meio de um processo de carbonização realizado em altas temperaturas (> 1100 °C) a partir de carvões de classificação específica de origem fóssil ou misturas de carvão.

A fabricação de coque envolve a conversão de carvão em um material com alto teor de carbono que pode servir como agente redutor na fundição de minério de ferro. Ele desempenha várias funções durante a fabricação de ferro ou aço em altos-fornos. Ele atua como fornecedor de energia térmica, pois 80% do calor produzido é fornecido principalmente pela queima do teor de carbono do coque, com os 20% restantes provenientes de jatos quentes. Ele também atua como um agente para reduzir diferentes óxidos indireta e diretamente, bem como para carburar metais aquecidos. Além disso, serve como suporte para promover a descida da carga para melhorar a circulação de gás e a permeabilidade do leito e absorve poeira do ar. Portanto, o coque não poderia ser trocado nos fornos de coque para nenhuma dessas aplicações.

Na produção de coque, a adição de biocarbono reduz a dilatação da mistura, o que influencia positivamente a reatividade. Um valor de dilatação mais alto resulta em uma mistura de coqueificação com melhores propriedades de produção de coque e maior qualidade do coque.

Ao contrário da biomassa bruta, o biocarbono pode ser incorporado em misturas de coqueificação em maiores quantidades. No entanto, ao utilizar biocarbono como aditivo, é importante considerar fatores como as características do biocarbono produzido, seu tamanho de partícula, porosidade e distribuição do tamanho dos poros, a proporção de biocarbono na mistura de coque, o grau de homogeneização da mistura com o aditivo e o método de carregamento da mistura na câmara de coqueificação.

Vários estudos consideraram a viabilidade da mistura parcial de biocarbono com carvão para criar biocoque para reduzir a quantidade de carvão usada no processo de fabricação de coque. O biocoque é uma mistura de carvão e biocarbono produzida a partir de vários processos de conversão termoquímica em altas temperaturas. No entanto, o limite superior da quantidade de biocarbono que pode ser combinada com carvão para fazer biocoque de qualidade adequada depende de vários fatores, especialmente índices de alta temperatura do coque, ou seja, resistência do coque após a reação e indicador de reatividade do coque, bem como fluidez.

A fluidez do carvão é um dos elementos vitais na produção de coque, que indica a proporção de carvão para carvão em uma mistura para produzir um estado plástico. Um plastômetro Gieseler é geralmente usado para avaliar a fluidez do carvão de coque. Neste teste, o carvão fino não pulverizado é progressivamente aquecido e, quando derrete e entra na região plástica, sua fluidez é medida. A fluidez máxima é geralmente expressa como divisões de discagem por minuto (ddpm).

Normalmente, a fluidez do carvão varia de 1 a 5000 ddpm para carvão não coqueificável a carvão coqueificável duro. O carvão coqueificável pode ser categorizado em carvão coqueificável duro, carvão coqueificável semiduro ou carvão coqueificável semimole e carvão pulverizado para injeção. O carvão coqueificável duro é necessário para produzir coque forte. No entanto, a fluidez da mistura de carvão deve estar dentro da faixa de 400–1000 ddpm para gerar coque de alta qualidade.

O carvão de coque geralmente contém menos cinzas, umidade muito baixa e matéria volátil, mas mais carbono. Um estudo relatou que o grau máximo de fluidez do carvão pode ser encontrado em faixas de matéria volátil de 32 a 34% em peso.

Os carvões com teor de matéria volátil de 32% em peso apresentaram fluidez na faixa de 500–25.000 ddpm. O efeito da adição de biocarbono na fluidez de misturas de carvão foi explorado para várias biomassas por vários pesquisadores. As descobertas indicam que a adição de carvão normalmente reduz a fluidez da mistura carvão-biocarbono e tem um impacto na estabilidade e no desenvolvimento da matriz de coque.

Descobriu-se que cerca de 20% em peso de adição de carvão não coqueificável com carvão de coque duro diminui a fluidez da mistura e deteriora a qualidade do carvão. Além disso, a biomassa bruta também pode ser usada em misturas de carvão.

O limite máximo de biomassa bruta que pode ser adicionada à mistura de carvão é inferior a 2% em peso porque o aumento da quantidade de biomassa afeta muito a resistência e a reatividade do coque. A adição de biomassa com carvão em diferentes proporções (ou seja, 10, 15, 20, 30% em peso) em temperaturas de carbonização variadas, variando de 500 a 800 °C. Eles notaram que a área de superfície e o rendimento energético da mistura eram maiores do que o carvão.

A adição de biomassa e biocarbono no carvão aumenta a porosidade da mistura e, portanto, reduz a fluidez, pois o biocarbono e a biomassa geralmente não alteram o estatuto plástico durante o processo de coqueificação.

O impacto da adição de carvão vegetal na fluidez do carvão de coqueificação onde foi descoberto que aumentar a quantidade de carvão vegetal causa uma perda exponencial invertida constante de fluidez. O carvão relativamente fluido foi de fato bastante sensível ao aumento do biocarbono, perdendo quase metade de sua fluidez quando 5% em peso de carvão vegetal foi aplicado.

Com concentrações de biocarbono de lignina variando de 5 a 10% em peso, foi observado um grau significativo de redução na fluidez variando de 51 a 66% em peso.

Usando madeira de eucalipto junto com seu carvão e alcatrão obtidos a 415 °C e composto modelo de biomassa em carvão de coqueificação único para explorar a fluidez da mistura os seguintes efeitos decrescentes de produtos e componentes de biomassa na fluidez do carvão foram observados em uma taxa modesta de adição de xilana, carvão vegetal, lignina, alcatrão insolúvel em água, celulose e serragem bruta.

Os outros fatores importantes que afetam os processos de coqueificação são a resistência do coque após a reação, especialmente em altos-fornos. O coque de alta resistência é essencial para interromper a degradação do coque e manter a permeabilidade estrutural do alto-forno. A substituição fracionada do carvão de coqueificação por vários biocarbono ou biomassa foi investigada por vários pesquisadores .

Os resultados mostraram que a adição de biocarbono, carvão vegetal e biomassa ao carvão de coqueificação reduz os índices de fluidez e o indicador de reatividade do coque, bem como a resistência do coque após a reação do coque de mistura e tem um impacto prejudicial na qualidade do coque.

É concebível que o enfraquecimento das ligações entre os compostos formados pela coqueificação seja causado pela difícil fusão de compostos inertes de biocarbono à parede celular do carvão durante o processo de coqueificação. As porcentagens de adição foram avaliadas na maioria das pesquisas para aumentar o uso de biocarbono no processo de fabricação de coque, e foi descoberto que é necessário continuar adicionando biocarbono a uma taxa entre 2% e 10% para evitar sua degradação . A indústria siderúrgica geralmente produz 0,02–0,11 toneladas de CO₂ tonelada⁻¹ da produção de aço bruto, que pode ser reduzida em 1–5% pela introdução de biocarbono em 2–10% na mistura de carvão.

Existe um projeto de produção de bio-coque para ser usado como um substituto para o coque metalúrgico misturando biocarbono produzido a partir de serragem com brisa de coque na proporção de 2:8, o que satisfaz o padrão para coque metalúrgico secundário de alta qualidade. A estrutura interna e o desempenho do coque resultante foram melhorados preenchendo rachaduras e poros com uma quantidade apropriada de pó de biocarbono de serragem.

O biocoque produzido a partir da combinação de biocarbono obtido de bambu e brisa de coque residual enquanto piche de alcatrão de hulha usado como aglutinante pode substituir o coque metalúrgico em 4%.

Existe ainda o biocoque usando várias proporções de mistura de carvão de grau inferior e biocarbono derivado da pirólise de cascas de coco, cascas de amendoim, serragem e bagaço de cana-de-açúcar a 550 °C com amido e melaço como ligantes por meio da carbonização. A caracterização das misturas revelou o potencial para substituir carvão e coque de origem fóssil em 20–30%.

A morfologia e a reatividade do biocarbono produzido sob várias atmosferas em altas temperaturas para aumentar sua adequação para uso no processo de coqueificação com a produção de briquetes de ferro-carbono misturando pó de ferro (80%) com materiais carbonáceos à base de biomassa (ou seja, Char 1 pirolisado a 500 °C, Char 2 pirolisado a 750 °C e hidrocarvão produzido a partir de casca de limão) e um ligante (0–4% em peso) para uso como recarburizador para aço líquido. Os briquetes de hidrocarvão têm melhores propriedades mecânicas do que os briquetes de carvão e a eficiência de recarburação para os briquetes de hidrocarvão (48–54%) foi maior do que a do carvão vegetal (26–39%).

O tamanho das partículas da biomassa e do biocarbono também influencia a resistência do coque após a reação. Quando o tamanho das partículas aumenta, a resistência do coque após a reação aumenta com uma ligeira queda na fluidez.

Assim, o tamanho ideal de partícula do biocarbono variou entre 2 e 4 mm. Ao comparar partículas finas de biocarbono com cinzas que contêm metais alcalinos e alcalino-terrosos (por exemplo, Na, Mg, P, K e Ca) com materiais grosseiros, vários efeitos se tornam evidentes no processo de coqueificação.

Primeiro, essas partículas finas de biocarbono são distribuídas de forma mais uniforme por todo o produto de coqueificação, o que leva a um aumento da reatividade do coque, principalmente por meio da catálise da reação de Boudouard em temperaturas elevadas. No entanto, é importante observar que esse aumento de reatividade tem um impacto negativo em dois indicadores específicos. Além disso, devido à sua área de superfície significativamente maior, em comparação com o carvão de coqueificação, o biocarbono possui uma robusta capacidade de adsorção física. Como resultado, ele pode adsorver os subprodutos gerados durante a decomposição do carvão. Esse processo de adsorção, por sua vez, aumenta a temperatura de amolecimento do carvão. Em última análise, esse aumento na temperatura de amolecimento dificulta o desenvolvimento da fluidez e, conseqüentemente, a produção de coque. Por fim, expandir a exploração do biocarbono na fabricação de coque metalúrgico exige um gerenciamento cuidadoso tanto da adição quanto das características do biocarbono.

A sinterização é um processo térmico muito notável, geralmente realizado em altas temperaturas entre 1300 e 1400 °C, no qual uma combinação de finos de minério de ferro, produtos de fabricação de ferro reciclados (por exemplo, pó de alto-forno e carepa de laminação), finos de retorno de fluxos, agentes formadores de escória e coque são combinados em uma planta de sinterização.

Essa enorme quantidade de calor é fornecida principalmente pela combustão da brisa de coque e distribuída uniformemente pelo leito de mistura. O objetivo do processo de sinterização é produzir um produto com as propriedades térmicas, mecânicas, físicas e químicas ideais para alimentar o alto-forno.

Portanto, para que os finos de minério de ferro sejam adequados para alta pressão e circulação de gás em altos-fornos contemporâneos, eles devem ficar maiores, mais duros e mais permeáveis para o processo. É importante destacar que a brisa de coque serve como uma fonte substancial de combustível para o processo de sinterização e que, após ser britada, o coque de partículas menores é separado do coque de partículas maiores por peneiramento.

A sinterização consome cerca de 9 a 12% da energia total utilizada na produção de ferro e aço, o que contribui para aproximadamente 12% da emissão total de gases de efeito estufa das siderúrgicas, juntamente com outros poluentes como SO_x , NO_x , dioxinas e poeira fina. A emissão de CO_2 do processo de sinterização pode ser atribuída à queima e combustão da brisa de coque e à desintegração de calcário e dolomita. Atualmente, a substituição da brisa de coque por biocarbono na sinterização de minério de ferro tem se tornado popular devido à sua capacidade de reduzir os custos de produção e aliviar a pressão ambiental.

Recentemente, tem havido um foco crescente no uso de biocarbono como um potencial substituto renovável para a brisa de carvão para reduzir os custos de produção e as emissões de gases de efeito estufa. Vários estudos usaram biocarbono como fonte de combustível com brisa de carvão, substituindo parcialmente a brisa de carvão por biocarbono, demonstrando que essa substituição leva a um aumento nos níveis de CO e CO_2 , reduzindo os níveis de SO_x e NO_x nos gases de combustão [66 , 67]. A adição de biocarbono até 50% pode aumentar a concentração molar de CO_2 e CO em 10–12% e 1,3–3%, respectivamente. O ligeiro aumento de CO_2 após a adição de biocarbono com brisa de carvão é devido à maior reatividade do biocarbono, bem como à necessidade de atingir uma qualidade de sinterização adequada. Além disso, os níveis mais baixos de enxofre e nitrogênio no biocarbono, em comparação com a brisa de carvão, estão ligados aos menores teores de SO_x e NO_x no gás de combustão.

O biocarbono geralmente contém alto teor de carbono com uma área de superfície maior e porosidade com alto valor calorífico e capacidade de absorção. Além disso, o nível de saturação do biocarbono é geralmente alto e tem alto teor de água em torno de 48%, em comparação com o carvão ou a brisa de coque (25%).

Essa característica está ligada a efeitos prejudiciais na granulação de finos de minério de ferro durante a sinterização. Comparado ao sistema de brisa de coque padrão, que usa cerca de 7,1% de água, o método de granulação para substituição do biocarbono usa mais água ou cerca de 8,5%. Portanto, a quantidade de água no sistema de sinterização precisa ser alterada para fornecer a permeabilidade adequada através do leito e atingir o nível desejado de qualidade do produto final. Além disso, a velocidade de queima do combustível, especialmente do combustível sólido, aumentou com o aumento da substituição do biocarbono, pois o biocarbono geralmente tem reatividade muito maior em altas temperaturas (700–800 °C) do que a do coque.

Para investigar como o uso de biocarbono no lugar da brisa de coque afeta o desempenho do processo de sinterização, é essencial analisar quatro indicadores-chave de sinterização. Esses indicadores abrangem a porcentagem de rendimento do sinter, a porcentagem de rendimento do produto, a porcentagem do índice de tumbling e o consumo de combustível medido em quilogramas por tonelada de sinter.

A velocidade de queima do carvão vegetal é maior (6%) do que a do coque (4,2%), o que é atribuído à alta porosidade e à maior área de superfície do biocarbono. Foi descoberto que quando mais de 40% da brisa de coque foi substituída por biocarbono, houve uma velocidade irregular da frente de chama e da frente de calor durante a sinterização, o que reduziu a eficiência da combustão.

As propriedades do biocarbono, especialmente o teor de carbono fixo, o teor de matéria volátil e o tamanho das partículas, desempenham um papel significativo na substituição da brisa de coque.

Já foi relatado que o biocarbono com um teor de carbono fixo superior a 90% e tamanhos de partículas variando de 1 a 5 mm pode ser adicionado em aproximadamente 60% ao processo de sinterização para atingir um rendimento de produto semelhante ao que pode ser alcançado usando a brisa de coque. Além disso, vários estudos relataram que a substituição ideal do biocarbono pela brisa de coque está dentro da faixa de 40–60% para atingir um produto de sinterização de qualidade aceitável, mantendo um rendimento de produto acima de 80%.

Vale ressaltar que, embora o uso de biocarbono na tecnologia de sinterização possa não levar a uma redução nas emissões de gases de efeito estufa, as emissões líquidas de CO₂ na indústria siderúrgica devem diminuir em aproximadamente 5–15%. Essa redução é atribuída às matérias-primas de biomassa serem consideradas energia neutra em carbono.

A siderurgia é uma parte fundamental da fabricação industrial moderna e desempenha um papel vital em vários setores, incluindo construção, automotivo, máquinas e desenvolvimento de infraestrutura.

Carvão (antracito) e coque são as principais fontes de carbono ou combustível no processo de fabricação de aço devido ao alto teor de carbono fixo. A utilização de carbono fóssil no processo de fusão de sucata de aço em fornos elétricos a arco contribui com cerca de 60–70% das emissões diretas de gases de efeito estufa associadas à fabricação de aço.

Recentemente, a geração de aço para fornos elétricos a arco expandiu-se consideravelmente devido às rotas curtas de fornos elétricos a arco que geralmente emitem CO₂ comparativamente baixo (0,4 t CO₂ tonelada ⁻¹ de aço bruto), que são menos de um quinto daquelas da rota BF-BOF. Ao empregar biocarbono em fornos elétricos a arco, essas desvantagens ambientais podem ser reduzidas consideravelmente.

A exploração de biocarbono no lugar de carvão ou coque para gerar aço para forno a arco elétrico tornou-se um foco de pesquisa nos últimos anos devido ao seu enorme potencial para reduzir o uso de carbono e as emissões de CO₂.

Existem estudos sobre resíduos de casca de palma para substituir coque metalúrgico na produção de aço em forno a arco elétrico e examinaram as relações com escória de forno a arco elétrico em um reator em escala de laboratório a 1550 °C. O biocarbono derivado de resíduos de casca de palma mostrou interações carbono-escória mais violentas, em comparação com o coque comum, pois a reatividade de combustão do biocarbono é forte devido à sua alta área de superfície.

No entanto, o biocarbono normalmente contém uma grande quantidade de cinzas contendo vários minerais, o que pode estimular a interação entre carbono e oxigênio e induzir comportamento de queima indesejável na produção de aço em forno a arco elétrico, o que, em última análise, restringe seu uso na produção de aço para forno a arco elétrico.

Coque, carvão e outras fontes fósseis de carbono podem ser empregadas como agentes espumantes em fornos elétricos a arco para produzir escória de espuma, que protege materiais refratários da intensidade do calor e prolonga o ciclo de fundição, ao mesmo tempo que reduz o ruído. O comportamento de formação de espuma de diferentes fontes de carbono, como coque de petróleo calcinado, antracito, coque, biocarbono e uma mistura de biocarbono e coque na proporção de 50:50 e concluíram que o biocarbono tem as características de formação de espuma mais inferiores em comparação com outras fontes de carbono estudadas.

No Livro aduzimos que o biocarbono renovável pode ser uma substituição adequada e sustentável para o combustível à base de carvão, reduzindo as emissões globais de CO₂ nas indústrias siderúrgicas.

Este Livro avaliou as diversas formas de produção de biocarbono, especialmente torrefação, pirólise e gaseificação, e estudou a aplicação do biocarbono em atividades de siderurgia ou siderurgia com alto consumo de energia, como altos-fornos, coqueria, sinterização de minério de ferro e siderurgia.

As propriedades físico-químicas do biocarbono obtido a partir de biomassa lenhosa são comparáveis às do carvão ou coque, mas o biocarbono de outros resíduos, especialmente biomassa agrícola, contém baixo valor calorífico, que precisa ser aprimorado antes da mistura com carvão em uma mistura de carvão.

O biocarbono pode potencialmente substituir o carvão por injeção de carvão pulverizado e substituir parcialmente o coque em grandes altos-fornos. As características únicas da mistura de coque são necessárias para fornecer resistência suficiente à carga e manter a permeabilidade do leito, e apenas uma substituição máxima de 20% pode atender a essa necessidade. A maior taxa de injeção de biocarbono foi encontrada entre 200 e 220 kg ton⁻¹ de gusa líquido, indicando uma possibilidade significativa de substituição da injeção de carvão pulverizado por biocarbono. Isso pode resultar em uma redução de 25% nas emissões de CO₂.

É possível combinar carvão e biocarbono durante o processo de fabricação de coque para produzir biocoque, mas a quantidade de biocarbono usada deve ser idealmente entre 2% e 10% para evitar efeitos negativos na qualidade do produto final.

No setor siderúrgico, a adição de biocarbono à mistura de carvão dentro dessa faixa reduz as emissões de CO₂ em 1–5% ou 0,02–0,11 toneladas de CO₂ toneladas⁻¹ de aço bruto.

Para o processo de sinterização, o biocarbono que tem teor de carbono fixo acima de 90% e uma faixa de tamanho de 1–4 mm pode ser adicionado até 60% à planta de sinterização para obter um rendimento de produto comparável ao obtido da brisa de coque e reduzir significativamente a emissão de CO, CO₂, NO_x e SO_x.

Poratnto, concluímos nesta apresentação do livro que o biocarbono tem o potencial de aprimorar o processo de fabricação de aço em fornos elétricos a arco, servindo como combustível, agente espumante de escória e recarburizador de aço, entre outras funções. O biocarbono pode encontrar usos mais amplos e eficazes na metalurgia de metais ferrosos com a ajuda do suporte regulatório governamental e de novos avanços tecnológicos.

Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável

H₂

Hydrogen

H₂

zero emission





BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA MAPEAMENTO DOS TIPOS BIOMASSA



A Brasil Biomassa Consultoria Engenharia Tecnologia fundada em 2004, com sede em Curitiba e filial em São Paulo e representantes no exterior, é uma empresa líder (Eleita pela Energy Business Review Latin América como Top 10 Energy Consulting Providers in Latin America 2023/2024) na área de consultoria (desenvolvimento projetos sustentáveis zero carbono com trabalho especial de mapeamento de potencialidade dos tipos de biomassa) empresarial (atuação consultiva do plano estrutural de negócios e nos estudos de mercado, licenciamento ambiental, certificação do produtos em laboratórios nacionais e internacionais e do marketing executivo) e econômica (desenvolvimento do estudo de viabilidade econômica capex/opex e no projeto de financiamento nacional e internacional) na área de engenharia executiva (com dimensionamento da planta industrial e layout e fluxograma), conceitual (atuação em projetos conceituais básicos e no estudo de viabilidade econômica- taxa de retorno e o payback da planta industrial) e de detalhamento (projetos detalhados contendo cálculos, dimensionamento, lista de materiais, balanços e fluxogramas) para aproveitamento dos tipos de biomassa (florestal/madeira, agricultura e agroindustrial e sucroenergético).

Para suprimento energético e plantas de co-geração e de bioeletricidade, bioenergia, biocarvão/biocarbono, biogás/biometano, captura de carbono e hidrogênio verde e de wood/agro/ biobriquete e wood/agro biopellets para descarbonização do setor industrial (soluções energéticas e de suprimento zero carbono).

Atuamos em todos os segmentos industriais para implantação de plantas industriais (bioenergia, caldeira industrial de biomassa para co-geração de energia, briquete de madeira e de resíduos, pellets, biocarbono, torrefação da biomassa energética) com uma consultoria especializada em mapeamento do potencial e disponibilidade de biomassa da colheita florestal e do processo industrial da madeira, resíduos da agricultura e do beneficiamento agroindustrial e sucroenergético, viabilidade econômica e crédito carbono.

Com projetos de descarbonização para o setor industrial, com a engenharia especializada para a mudança da matriz energética industrial que utilizam os combustíveis fósseis como os derivados do petróleo (coque, GLP), carvão, gás natural para o uso energético com a biomassa.

Com projetos de descarbonização para as indústrias que pretendam em utilizar a tecnologia do biocarvão energético utilizando os resíduos sucroenergético, agrícolas e agroindustriais, da torrefação da biomassa de todos os tipos de biomassa para fins energético, bioenergia avançada com inovadora tecnologia de caldeira industrial para geração de energia térmica e aquecimento industrial, os projetos energéticos com o uso da agrobomassa utilizando os resíduos agrícolas e do beneficiamento agroindustrial, o biogás com digestor para fins de bioeletricidade, briquete de madeira e resíduos agrícolas e pellets de todos os tipos de madeira e resíduos da agricultura, agroindustrial e sucroenergético.



Sempre atenta às tendências e demandas energéticas visando o carbono zero, a Brasil Biomassa atua com uma inovadora tecnologia industrial de aproveitamento da biomassa e uma expertise de gerenciamento, engenharia e implantação sendo referência na implementação de projetos sustentáveis de energia de alta performance.

A Brasil Biomassa tem uma consultoria especializada em mapeamento energético, visando a excelência em qualidade, contribuindo com o setor industrial de maneira ética e produtiva. E as nossas soluções energéticas são fundamentais para o desenvolvimento sustentável do setor empresarial especialmente:

Estudo de viabilidade econômica avaliando todos os custos (avaliação dos preços da matéria-prima e do transporte e da logística), gerando uma planilha com resultado financeiro para viabilizar a mudança de combustível e os benefícios com a geração de crédito de carbono.

Avaliação rigorosa dos tipos de matéria-prima (com laudo em laboratório de biomassa e energia sobre a composição físico-química) que podem ser utilizados (passivo ambiental ou com baixo uso comercial) com um descritivo de mapeamento da potencialidade da biomassa para facilitar a estratégia da empresa na mudança da matriz energética por uma fonte energética zero carbono e limpa e renovável.



Mapeamento de todos os tipos de matéria-prima do setor florestal e processo industrial da madeira da silvicultura e do extrativismo, do setor agrícola (palha) e agroindustrial e sucroenergético em região delimitada para garantia do fornecimento do combustível energético para a empresa.

Sendo a principal empresa do setor de consultoria e engenharia e tecnologia industrial agregando mais de 22 profissionais na área de engenharia industrial e florestal, processo e estudo de mercado, economia e planejamento estratégico, marketing internacional e na gestão de desenvolvimento negócios sustentáveis.



A Brasil Biomassa com vasta expertise de sua equipe de gerenciamento, engenharia, fabricação e implantação sendo referência na criação e implementação de projetos sustentáveis de alta performance (zero carbono) integrados para a indústria.

Modalidades de trabalho:

Tecnologias industrial, produtos e sistemas

EPC – Gerenciamento e Mapeamento Fornecimento de Biomassa para geração de energia carbono zero ou mudança matriz energética > Tecnologia Industrial > Engenharia > Equipamentos > Equipamentos de energia (caldeira) biomassa, biocarvão e pellets.



Somos a única empresa especializada no desenvolvimento projetos e estudos envolvendo agrobiomassa para descarbonização industrial (mudança da matriz energética dos combustíveis fósseis, carvão, coque e gás natural para projetos energéticos utilizando como fonte os resíduos da agricultura e agroindustrial (palha do Dende, soja, trigo, feijão e da biomassa do Dende, Dende, Dende, Dende, Dende, coco babaçu, Dende,, dendê e das gramíneas).

Trabalhamos com empresários, empreendedores, desenvolvedores de projetos, investidores, empresas que pretendem em mudar a sua matriz energética nos últimos 25 anos para uma fonte zero carbono (descarbonização industrial).



Implantamos com sucesso empresarial e encontra-se pleno funcionamento no Brasil mais de 14 unidades industriais de produção de pellets de madeira e de biopellets da cana-de-açúcar de qualidade internacional, com uma produção anual de 520.000 toneladas gerando 600 empregos sustentáveis no mercado brasileiro.

Publicamos mais de 200 livros no mercado com destaque ao Atlas Brasileiro Biomassa Florestal e da Madeira, o Atlas Brasileiro Biomassa Agricultura e Agroindustrial, Atlas Brasileiro Biomassa Cana-de-açúcar e dezenas de Estudos de Mercado, Estudos Setoriais, Desenvolvimento do Banco de Dados em Anuários dos Players Produtores e Consumidores dos tipos de Biomassa.



A Brasil Biomassa desenvolve(u) mais de 185 projetos industriais sustentáveis atuando desde o desenvolvimento do plano estratégico de negócios, mapeamento de fornecimento de matéria-prima florestal e da madeira, agricultura e agroindustrial e sucroenergético, estudo do sistema de transporte e logística de exportação.

Estudo de licenciamento ambiental, de viabilidade econômica com o melhor resultado financeiro e projeto de financiamento nacional ou internacional com a agência de fomento da Itália, engenharia básica, executiva, certificação nacional e internacional do produto e plano estrutural de marketing.

A Brasil Biomassa possui um canal especializado em projetos customizados e nossa equipe de engenharia e técnicos estão aptos a desenvolver as melhores soluções, nas mais diversas especificações, atendendo a necessidade, garantido maiores ganhos e consequentemente maior produtividade.

DESCARBONIZAÇÃO INDUSTRIAL Dentre os objetivos da Brasil Biomassa, o principal de prover soluções de geração de energia (suprimento de biomassa) com fontes renováveis zero carbono (projetos/mapeamento de suprimento para atender ao setor industrial em substituição dos derivados dos combustíveis fósseis) para as indústrias de Alumínio, Amônia, Avicultura e Abate de Aves, Cerâmica, Cervejeira, Cimento, Cooperativas de Grãos, Extrativa, Farmacêutica, Laticínios, Papel e Celulose, Petroquímica, Processamento Dende e Soja, Química, Siderúrgica, Têxtil e Vidro.

Possuímos um grande know-how no mercado de desenvolvimento de projetos customizados de aproveitamento da biomassa com mapeamento e sua potencialidade por região e estados e por segmento, contando com profissionais com mais 30 anos de experiência com a nossa expertise profissional:

PROJETO BIOCÁRVÃO BIOCÁRBONO. Desenvolvimento de projeto industrial (consultoria, mapeamento analítico, engenharia conceitual e de detalhamento e tecnologia industrial) com aproveitamento dos tipos de biomassa (Dende, Dende, Soja, Trigo, Dende, Dende, Dende, Feijão, Capim Elefante e da Palha e do Bagaço da Cana-de-açúcar) para a produção de Biocárvão, biocárbono energético - bio-óleo e gás sintético (uso alto fornos) para o grupo GERDAU SIDERÚRGICA (Minas Gerais) e para a CONSTRUTORA REUNION/TECNORED/VALE SIDERÚRGICA (GO, PR, BA, MG, SP).

BIOGÁS E BIOMETANO. Desenvolvimento de projeto industrial (consultoria, mapeamento analítico, engenharia conceitual e de detalhamento e tecnologia industrial) com aproveitamento de substrato de biomassa para a produção de Biogás, biometano, CO₂ industrial, amônia verde e biofertilizantes e hidrogênio verde para o grupo FIBRACOCO (Ceará).

BIOCHAR BLACK PELLETS. Atuamos com estudos e projetos de aproveitamento dos tipos de biomassa para a produção de biochar (extrato pirolenhoso e vinagre de madeira) para sequestro de carbono e agricultura regenerativa e de Black Pellets.

TORREFAÇÃO TIPOS DE BIOMASSA. Desenvolvimento de projeto industrial (consultoria, mapeamento analítico, engenharia conceitual e de detalhamento) de torrefação dos tipos de biomassa (plantas industriais de torrefação com um sistema de secagem em dois estágios com recuperação de energia, sistema de torrefação com sistema de combustão com aquecimento indireto e pré-tratamento, leito fluidizado com um reator estático e compacto) para geração de energia, especialmente para o mercado de equipamentos do grupo THYSSEN GROUP (Brasil e Alemanha).

CANA ENERGIA E BIOPELLETS. Desenvolvimento de projeto industrial (consultoria, mapeamento analítico, engenharia conceitual e de detalhamento) com a cana energia para projetos energéticos (biopellets) da GRANBIO BIOENERGIA (São Paulo) e para o grupo EBX IKOS INTERNACIONAL (diagnóstico da base produtora de cana de açúcar em torno do Superporto do Açúcar está localizado no município de São João da Barra, norte do Estado do Rio de Janeiro para implantação da unidade industrial de biopellets da cana energia com a produção anual de 1.600.000 mt/ano).

AGROBIOMASSA BIOMASSA DA AGRICULTURA E DO BENEFICIAMENTO AGROINDUSTRIAL. Desenvolvimento de projeto industrial (consultoria, mapeamento analítico, engenharia conceitual e de detalhamento e tecnologia industrial) de agrobiomassa (biomassa da agricultura e do beneficiamento agroindustrial) para uso direto em caldeira industrial e de plantas de agropellets do Dende para a FIBRACOCO (Ceará), JMX INDUSTRIAL (biomassa do Dende no Pará) e URBANO ALIMENTOS (biomassa da casca e palha do Dende no Rio Grande do Sul).

BIOPELLETS CANA-DE-AÇÚCAR. Desenvolvimento de projeto industrial (consultoria, mapeamento analítico, engenharia conceitual e de detalhamento e tecnologia industrial) com aproveitamento da biomassa da cana-de-açúcar (palha e bagaço) para a produção de biopellets para a USINA JACAREZINHO (Paraná), para o grupo sucroenergético ADECOAGRO (estudo de mercado de biopellets no Mato Grosso do Sul), EBX IKOS (biopellets cana energia e de biometano) no Rio de Janeiro e a maior planta mundial de biopellets para a COSAN BIOMASSA do grupo RAIZEN (município de Jau no Estado de São Paulo com a produção de 175.000 mt/).

BRIQUETE E BIOBRIQUETE. Desenvolvimento de projeto industrial (consultoria, mapeamento analítico, engenharia conceitual e de detalhamento e tecnologia industrial) de aproveitamento da biomassa para a produção de agro woodbriquete do Babaçu (aproveitamento dos resíduos de babaçu no estado do Piauí na produção sustentável do biobriquete com capacidade de 40.000 ton. ano) no Maranhão e Piauí, da madeira (produção de briquete com capacidade de 84.000 ton. por ano na região próxima ao Porto de Imbituba) em Santa Catarina e de Dende na Costa do Marfim (implantação de uma unidade industrial de produção de biobriquete com capacidade de 60.000 ton. por ano.) para o grupo financeiro BMG.

MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA SUPRIMENTO E PROJETOS ENERGÉTICOS. Desenvolvimento de estudos técnicos (desenvolvimento de estudos de viabilidade e de mapeamento de fornecimento de biomassa e da melhor tecnologia para energia térmica da empresa e a geração de crédito de carbono) e de mapeamento dos tipos de biomassa para aproveitamento e suprimento energético para o Grupo MAIS ENERGIA (mapeamento de ativos florestais e áreas de reflorestamento em 98 municípios em São Paulo para projetos de geração de energia), IMERYS CAULIN (estudo de mercado, fornecimento e potencialidade da biomassa florestal e industrial e agroindustrial e de crédito de carbono para mudança da matriz energética na sede em Barcarena Pará),

GROW FLORESTAL (desenvolvimento um mapeamento de fornecimento de biomassa florestal e industrial nas cidades de Campo Largo Fazenda Rio Grande e Itaperuçu no Estado do Paraná), AMAGGI AGROINDUSTRIAL (desenvolvimento do mapeamento de suprimento dos tipos de biomassa na Região Norte para energia térmica da empresa e a geração de crédito de carbono) SIDERSA METALURGICA E FLORESTAL (desenvolvimento de estudos de viabilidade e mercado de mapeamento dos players consumidores de biomassa em MG BA DF GO para venda direta da produção industrial), VOTORANTIM CIMENTO (desenvolvimento de estudos de viabilidade e de mapeamento de fornecimento de biomassa nos estados sede das plantas cimenteiras e a geração de crédito de carbono) VERACEL CELULOSE (desenvolvimento de estudos de viabilidade e de mapeamento de fornecimento dos tipos de biomassa na Bahia e da melhor tecnologia para energia térmica da empresa e a geração de crédito de carbono) UTE MATO GROSSO (desenvolvimento de estudos de viabilidade e de mapeamento de fornecimento de biomassa e da melhor tecnologia para energia térmica da empresa e a geração de crédito de carbono no Mato Grosso) SAINT GOBAIN (desenvolvimento de estudos de viabilidade e de mapeamento de fornecimento dos tipos de biomassa na Bahia e a geração de crédito de carbono).

EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL. Desenvolvimento de mais de 160 projetos industriais (Desenvolvimento do plano estratégico de negócios, estudo de viabilidade econômica e financeira, licenciamento ambiental, Mapeamento florestal e industrial e de fornecimento de matéria-prima para a planta industrial, estudo técnico de avaliação da logística de transporte e exportação, projeto de financiamento nacional e internacional, estudos para obtenção de incentivos e benefícios fiscais e doação de área industrial, engenharia básica industrial e equipamentos industriais, engenharia executiva, engenharia conceitual e de detalhamento e tecnologia industrial certificação internacional e o plano de marketing nacional e internacional) para a implantação das unidades ide pellets.

CLIENTES E PROJETOS PELLETS. Para as empresas Naturasul Engenharia e Supressão Florestal (Pellets em Rondônia), GSW Energia Renovável (Pellets no Pará), Nova Itália Florestal (Pellets em Rondônia), Saccaro Móveis (Pellets RS), Costamaq Industrial (Briquete e Pellets RS), Forest Brazil (Pellets em Lages SC) , The Coleman Group (Pellets em Botucatu SP), ECB Empresa Catarinense de Biomassa (Pellets em Otacílio Costa SC), GF Indústria de Pellets (Pellets em Ananindeua Pará) , Europellets Brasil, Eurocorp Pellets Brasil (Pellets em Otacilio Costa SC), Revize Industrial (Pellets em São José Rio Preto SP), JW International Solutions (Pellets em Palmeiras PR), BrBiomassa Pellets, Koala Pellets (Exportação pellets), Manchester Florestal (Pellets em Buruti Maranhão), Oportunities Energia (pellets em Otacilio Costa), Neumann Florestal, Caraiba Bioenergy (pellets em Seara SC), CVG Indústria de Celulose (Santa Catarina), Ceteza Industrial (pellets em Canela RS), VPB Biomassa (Pellets em Registro São Paulo), Irmãos Ferrari (pellets Sertãozinho RS). Serraria Santa Rita (Pellets Dores do Rio Preto ES), Butiá WoodPellets (Planta de produção de pellets em Butiá RS), Pelican Pellets (unidade de pellets de madeira de eucalypto em Pindamonhangaba São Paulo) , Madeira Dellagnolo (pellets em Santa Catarina), Adami Madeira (planta industrial de pellets em Caçador SC), Debona Construção (Pellets em Joinville SC), Lucatelli Industrial (pellets em Chapecó SC), DPM Reciclagem Florestal (pellets em Petrolina Pernambuco), Larsil Florestal Ltda (Pellets em Telêmaco Borba PR), Alto Rio Preto Participações (pellets em Rio Negrinho SC), Bioresíduos de Arapongas Ltda (pellets de madeira em Arapongas PR), Mognon Participações Ltda (pellets de madeira em Palmeira SC), Madeireira WS Ltda (pellets de madeira no do Sul), Três Barras Participações Ltda (pellets em Bom Retiro SC), Lamb Pellets Ltda (pellets de madeira no do Sul), Speranza Comercial Exp. Imp. Ltda (pellets em São José SC), Valorem Florestal (pellets no Paraná), Casa Nova Comércio de Pellets Ltda (pellets de madeira na Bahia) Yrendague Maderas (planta pellets Paraguay), Duratex (planta industrial de pellets em Botucatu SP), Granosul Brasil (pellets Paraná) GSW Energia (planta de pellets no Maranhão).

EXPORTAÇÃO WOODCHIPS. Desenvolvimento de estudos técnicos (desenvolvimento de estudos de viabilidade) e produção pela Brasil Biomassa para exportação de woodchips (cavaco limpo de pinus e eucalyptus para a produção de celulose) em operações de exportação no Brasil (pelo sistema de container em Itajaí Santa Catarina e pelo sistema de navio graneleiro no Chile) A Brasil Biomassa é a primeira empresa privada nacional exportadora de woodchips (cavaco de madeira limpo e sem casca de pinus) em quantidade mensal de 5.000 ton/BDMT pelo sistema de exportação via container para atender o requerimento comercial internacional da Xiamen C&D Paper & Pulp Co.,Ltd.da China pelo Porto de Itajaí em Santa Catarina.

EXPORTAÇÃO INTERNACIONAL. A Brasil Biomassa participou na administração e exportação de woodchips em Concepción no Chile. Utilizando a logística de exportação de WoodChips pelo Porto de Puchoco e Coronel no Chile. Trabalhamos com um produto de qualidade premium dentro das normas internacionais e a exportação foi para o mercado asiático

EXPORTAÇÃO BIOPELLETS CANA-DE-AÇÚCAR. A Brasil Biomassa administrou (teste de qualidade, certificação, operação de produção e exportação e contrato internacional com um distribuidor de biopellets) maior a exportação de biopellets da cana-de-açúcar

EXPORTAÇÃO DE PELLETS E BRIQUETES. A Brasil Biomassa administrou (teste de qualidade, certificação, operação de produção e exportação e contrato internacional com um grande distribuidor de pellets na Áustria) a operação da maior a exportação de briquete (400 containers) do Brasil com sucesso da operação e na qualidade do produto para aquecimento térmico residencial e de lareiras na Europa.

PROJETOS INTERNACIONAIS. A Brasil Biomassa atuou em projetos internacionais de exportação de pellets, de desenvolvimento da tecnologia de secagem por microondas e projeto com cana-de-açúcar onde destacamos:

Estados Unidos. Trabalhamos para a Lee Energy Solutions do Alabama nos Estados Unidos em processo de produção e exportação de pellets para a Holanda.

Canadá e Índia. Trabalhamos para a Abellon Clean Energy com planta industrial no Canadá e na Índia em processo produção e exportação de pellets para a França.

Portugal. A Brasil Biomassa trabalhou no desenvolvimento da tecnologia de secagem por micro-ondas em sistema de potencialização energética do woodchips com a Enerpura Portugal. O objetivo do projeto industrial era a redução das emissões de CO2 gerado pela queima de carvão pela termoelétrica em Sines da EDP.

Itália e África do Sul. A Brasil Biomassa trabalhou para a Building da Itália para atuação consultiva no Projeto MKUZE – África do Sul envolvendo o aproveitamento da palha da cana de açúcar para o processo de geração de energia térmica. A nova central de energia com o uso da palha da cana-de-açúcar.

Peru e Japão. A Brasil Biomassa está trabalhando para a empresa Mebiuss do Japão e Bioenergias do Peru para o desenvolvimento de estudos técnicos, teste industrial e para a implantação da maior planta mundial de produção de biopellets com a capacidade anual de 350 mil toneladas com a biomassa do sorgo forrageiro





**PLANTA INDUSTRIAL WOODPELETS DESENVOLVIDA PELA
BRASIL BIOMASSA EM PLENO FUNCIONAMENTO E
MAPEAMENTO BIOMASSA ADAMI MADEIRAS SANTA CATARINA**



A Brasil Biomassa estruturou um modelo de negócio para implantação da maior unidade de produção de pellets com da matéria-prima madeira de pinus em Caçador Santa Catarina para a Adami Madeiras (empresa madeireira, papel para embalagens, embalagens de papelão ondulado, madeiras de pinus serradas e beneficiadas, florestal e pasta química mecânica) com capacidade de 55.000 ton/ano, visando capturar as oportunidades geradas pelo cenário de demanda crescente no consumo de pellets para geração de energia no Brasil e no mundo (aquecimento residencial e industrial) para descarbonização industrial.

A Brasil Biomassa desenvolveu com sucesso para a empresa Adami Madeiras a maior unidade industrial no Estado de Santa Catarina utilizando a de matéria-prima de tora, serragem de pinus produção de pellets em Caçador com capacidade de 55.000 ton./ano.

Contratou a Brasil Biomassa para o a gestão segura no desenvolvimento da unidade industrial com o desenvolvimento de um mapeamento de fornecimento de matéria-prima na região oeste de Santa Catarina .

Indicamos no mapeamento a oportunidade técnica de instalação da planta com segurança no aproveitamento e utilização dos resíduos florestais após colheita da madeira de pinus na região de Caçador em Santa Catarina.

Quantificamos os tipos de resíduos biomassa florestal e da madeira na região e um levantamento detalhado dos preços do cavaco limpo e sujo, maravalha e serragem. Os resultados foram utilizados no aproveitamento da biomassa para a planta industrial e para geração de energia.

O volume total estimado para esta região de Caçador é de 742.757,87m³ de madeira o que representa 9,7% do volume total estimado na região.

Os volumes por sortimentos apresentados acima mostram um grande quantitativo na região de madeira de pinus para atender a planta industrial da empresa.

Como esperado, os resultados revelam que a maior produção advém de plantios acima de 15 anos de idade com 498.116,85 m³ totais. A região que desenvolvemos o mapeamento possui maior representatividade em extensão de reflorestamentos e volume de madeira e um quantitativo residual para suprimento da unidade de produção de pellets.

O mapeamento do potencial de biomassa desenvolvido pela Brasil Biomassa é uma ferramenta valiosa para o setor industrial com o aproveitamento biomassa zero carbono.

Desenvolvemos um estudo técnico mapeando e avaliando a logística de aproveitamento dos tipos de biomassas renováveis e de origem sustentável florestal e da madeira com a finalidade de atender a demanda de matéria-prima da maior planta industrial de pellets em Santa Catarina.

Nosso estudo visou aproveitamento dos resíduos florestais e da madeira (com reflorestamento, manejo e certificação FSC) com a finalidade de composição de matéria-prima para a planta industrial.

A Brasil Biomassa desenvolveu um estudo estratégico de negócios e de viabilidade econômica e financeira, projeto básico de engenharia (engenharia conceitual e de detalhamento com avaliação Capex e Opex) e dimensionamento da estrutura industrial e o plano de marketing para exportação de pellets para a Itália e o credenciamento e a venda (leilões) da produção industrial para a BRF (aquecimento dos aviários) e do produto final .

CLIENTE: ADAMI MADEIRAS

PRODUTO: WOODPELLETS

TECNOLOGIA: INTERNACIONAL

CERTIFICAÇÃO: INTERNACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: I CAÇADOR

ESTADO: SANTA CATARINA

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 55.000 TON./ANO



PMapeamento dos Tipos de Biomassa para Suprimento Energético na Região Norte Desenvolvido pela Brasil Biomassa para Grupo Amaggi Agroindustrial



A Brasil Biomassa esta desenvolvendo para o Grupo Amaggi um mapeamento dos tipos de biomassa florestal e da madeira, agroindustrial e sucroenergético com planilhas e dados quantitativos da disponibilidade de biomassas para atender a demanda energética em Itacoatiara na Região Norte. Avaliamos a biomassa com o acesso comercial tipificando a sua disponibilidade e um preço por fonte produtiva (custo por fonte) e estudo futuro de viabilidade econômica, bem como a tendência de disponibilidade futura.

Este estudo técnico envolveu dados sobre a produção e o uso da biomassa para fins de energia para descarbonização industrial da empresa. Avaliamos a importância da produção e do uso da biomassa como uma fonte energética zero carbono. Avaliação técnica e econômica da utilização da biomassa florestal residual de eucalipto e do processo industrial da madeira. Além da abrangência do potencial de biomassa de outras culturas no Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia e Amapá.

Comporta em nosso banco de dados mais de 6.700 empresas cadastradas que atuam na área florestal e do setor de processamento industrial da madeira mais de 14.000 empresas cadastradas do setor da agricultura, do beneficiamento agroindustrial que trabalham com a cultura do Dende, castanha do pará, macaúba, mandioca, palma, Dende, feijão e soja e sucroenergético.

Desta forma foi efetuada a avaliação do valor energético da biomassa, a quantificação dos recursos disponíveis e a valorização de externalidades.

Este trabalho desenvolveu ainda um levantamento de dados acerca da situação atual de aproveitamento florestal e industrial e dos resíduos, no sentido de projetar cenários e perspectivas.

Nosso trabalho foi estruturado em torno de estratégias para descarbonização industrial por biocombustíveis renováveis como a biomassa através de um mapeamento de disponibilidade, potencialidade e de fornecimento de biomassa. carbono zero para:

Reduzir a demanda por produtos intensivos em carbono no setor por meio da economia circular, inclusive por meio da simbiose industrial com o uso energético da biomassa. Mudar a fonte de geração de energia/vapor com uso dos combustíveis fósseis pela biomassa/bioenergia utilizando os tipos de matéria-prima do setor florestal (origem de manejo e reflorestamento) e do processo industrial da madeira (certificada) de pinus ou eucalipto. Como adicional a este estudo técnico, desenvolvemos um relatório em planilha com os principais produtores de biomassa (processada) e produtores florestais em planilha dos players com dados da empresa, localização completa e o nome do responsável pela empresa para a aquisição da biomassa para geração de energia.

Como adicional desenvolvemos um relatório em planilha com os principais produtores de biomassa (processada) e produtores florestais em planilha dos players com dados da empresa, localização completa e o nome do responsável pela empresa para a aquisição da biomassa para geração de energia.

CLIENTE: AMAGGI AGROINDUSTRIAL

PROJETO : MAPEAMENTO BIOMASSA

REGIÃO DO ESTUDO: REGIÃO NORTE

ESTADOS: ACRE AMAPÁ AMAZONAS PARÁ RORAIMA RONDÔNIA

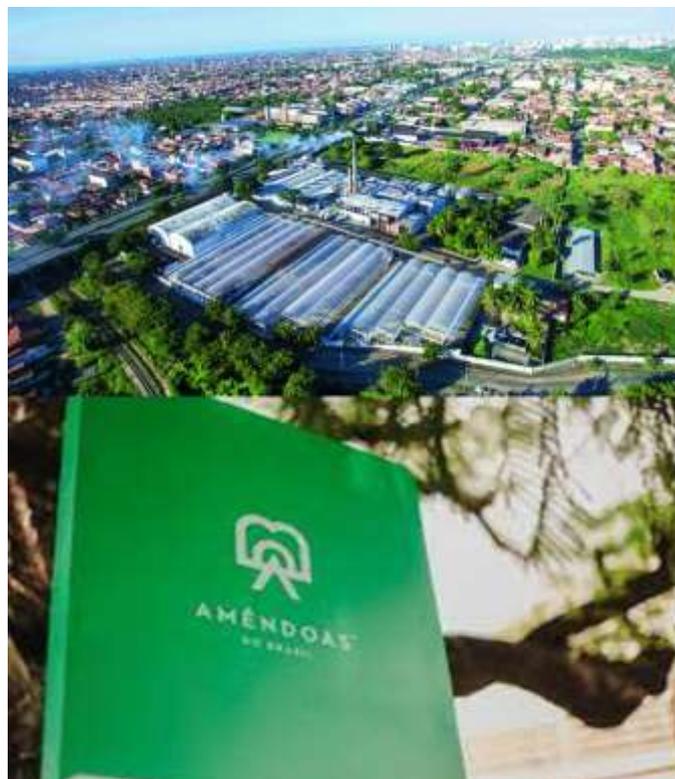
LOCALIZAÇÃO PLANTA: IITACOATIARA ESTADO: AMAZONAS

SUPRIMENTO MAPEADO: 250.000 TON./ANO





MAPEAMENTO DOS TIPOS DE BIOMASSA PARA PLANTA INDUSTRIAL AGROPELLETS NO CEARÁ DESENVOLVIDO PELA BRASIL BIOMASSA PARA AMÊNDOAS DO BRASIL



A Brasil Biomassa desenvolveu com sucesso para a empresa Amêndoas do Brasil um projeto conceitual para a implantação de uma unidade industrial de pellets com a biomassa da castanha do caju e bambu no Estado de Ceará. Contratou a Brasil Biomassa para o a gestão segura no desenvolvimento da unidade industrial com o desenvolvimento de um mapeamento de fornecimento de matéria-prima. Desenvolvemos um mapeamento no Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco e a Paraíba.

No Ceará desenvolvemos um estudo técnico nos 184 municípios dividido em 20 microrregiões destacando-se o potencial de biomassa nas Regiões metropolitanas de Fortaleza e do Cariri. Este é o primeiro mapeamento que foi desenvolvido com o uso da biomassa do bambu no Brasil. Uma alternativa de material ecologicamente viável e sustentável uma vez que seu cultivo tem bom rendimento de material para uso no processo industrial de pellets.

Outro ponto de destaque do bambu é sua contribuição para retirada de toneladas de gás carbônico do ar atmosférico, pois ele tem um alto consumo deste gás.

Isto ocorre principalmente durante seu desenvolvimento, e como há regularmente novas brotações e colmos novos em crescimento, sua contribuição é relativamente uniforme e muito significativa. Outro tipo de biomassa que mapeamento foi a castanha de caju. Essa cultura tem uma grande importância econômica para a região e em nosso mapeamento encontramos mais de 300 mil produtores no Nordeste.

Desta forma foi efetuada a avaliação do valor energético da biomassa, a quantificação dos recursos disponíveis e a valorização de externalidades. Nosso trabalho foi estruturado em torno de estratégias para aproveitamento da biomassa da castanha do caju e do bambu através do mapeamento de disponibilidade, potencialidade e de fornecimento (segurança energética) para a instalação da planta industrial.

Como adicional a este estudo técnico, desenvolvemos um relatório com os principais produtores de biomassa da castanha do caju e do bambu em planilha dos players com dados da empresa, localização completa e o nome do responsável pela empresa para a aquisição da biomassa.

CLIENTE: AMÊNDOAS DO BRASIL

PROJETO : MAPEAMENTO BIOMASSA

REGIÃO DO ESTUDO: CEARÁ

LOCALIZAÇÃO PLANTA: FORTALEZA

ESTADO: CEARÁ

SUPRIMENTO MAPEADO: 150.000 TON./ANO



**PLANTA INDUSTRIAL WOODPELETS E MAPEAMENTO
BIOMASSA DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA
CONSULTORIA ENGENHARIA PARA BAHIA FLORESTAL**



A Brasil Biomassa desenvolveu um plano estrutural de negócios e de viabilidade econômica, reunião técnica diretiva para planejamento da planta industrial de produção de pellets de madeira e um mapeamento de fornecimento para garantia do projeto em Feira de Santana na Bahia. Desenvolvemos o projeto conceitual e detalhamento engenharia industrial (Capex Opex). Plano marketing e estudo logístico para exportação da produção industrial.

CLIENTE: BAHIA FLORESTAL

PRODUTO: WOODPELETS TECNOLOGIA: INTERNACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: FEIRA DE SANTANA ESTADO: BAHIA

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 36.000 TON./ANO



PLANTA INDUSTRIAL WOODPELETS DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA E MAPEAMENTO PARA BIOPELETS BRASIL GRUPO BERTIM SÃO PAULO EM FUNCIONAMENTO



A Brasil Biomassa desenvolveu para a empresa Biopellets Brasil Importação e Exportação Ltda, do grupo Bertim Bioenergia a maior unidade industrial de pellets (Lins) no Estado de São Paulo com uma planta de capacidade de 72.000 ton./ano. Contratou a Brasil Biomassa para a gestão segura no desenvolvimento da unidade industrial com o desenvolvimento do mapeamento de fornecimento de matéria-prima em São Paulo.

Desenvolvemos um estudo técnico prospectando, mapeando e avaliando a logística de aproveitamento da biomassa de origem da colheita e extração florestal (áreas com manejo e reflorestamento e certificação florestal) e do processo industrial da madeira e de outras culturas da região como o bagaço da cana-de-açúcar e sorgo sacarino com a finalidade de atender a demanda e o suprimento de matéria-prima da planta industrial de pellets.

O mapeamento comprovou uma totalidade disponível de matéria-prima de 150.000 ton. (cavaco de madeira, serragem e maravalha) de eucalipto e 180.000 ton. (bagaço da cana-de-açúcar e sorgo) em Bauru (garantia contratual) para suprimento da planta .

Desenvolvemos um estudo prévio de viabilidade técnico-econômica com todos os tipos de matérias-primas, avaliando os custos e os preços para o melhor retorno econômico para a empresa. Desenvolvemos uma análise econômica dos tipos de biomassa, os dados referentes a custos de produção, disponibilidade e de venda. Trabalhamos com dados de cooperativas, usinas e dos produtores florestais e da madeira do estado de São Paulo.. Uma alternativa que trabalhamos foi o suprimento de biomassa de eucalipto de floresta energética da empresa e dos produtores da região de Bauru. Desenvolvemos um inventário florestal avaliando o número de árvores por hectare, material genético selecionado, espaçamento reduzido e ciclo curto com maior produção de biomassa por área em menor espaço de tempo. Nosso trabalho foi estruturado em torno de estratégias para aproveitamento dos tipos de biomassa com um mapeamento de disponibilidade, potencialidade e de fornecimento (segurança energética) para a planta industrial. Como adicional a este estudo técnico, desenvolvemos um relatório com os produtores de biomassa em São Paulo em planilha dos players com dados da empresa,

A Brasil Biomassa desenvolveu um plano estrutural de negócios e de viabilidade econômica, reunião técnica diretiva para planejamento da planta industrial para a implantação da maior unidade industrial de pellets de madeira em São Paulo. Atuamos na Engenharia industrial para estruturação do projeto e do dimensionamento da planta industrial e na atuação como EPC – Na engenharia de projetos com uma linha de equipamentos de pellets com linha de crédito internacional. Atuamos na engenharia conceitual do projeto com um completo estudo de viabilidade financeira, calculando a taxa de retorno e o payback do empreendimento. Além de todas as estimativas de CAPEX e OPEX, no projeto básico também são contemplados os balanços de massa, balanços de vapor e balanços hídricos, a relação dos equipamentos e construções necessárias, o layout da indústria, os levantamentos e o cronograma de engenharia. Reunião internacional produtores de equipamentos na Itália visita executiva na Italiana Pellets. Projeto Financiamento BNDES. Plano marketing para e exportação Europa.



PROJETO INTERNACIONAL DE CO-GERAÇÃO DE ENERGIA NA ÁFRICA DO SUL DESENVOLVIDO PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA PARA BUILDING ITÁLIA



A A Brasil Biomassa foi contratada pela Building da Itália para atuação consultiva no Projeto MKUZE – África do Sul palha da cana de açúcar para o processo de geração de energia térmica. A nova central Mkuze seguirá a legislação sul-africana de “Small Scale Boilers”, a qual impõe uma limite de 50 MWt PCI de entrada com uma central de energia. Avaliando o sistema de caldeira industrial, limpeza a seco da palha, enfardamento e energia com o uso da palha.

CLIENTE: BUILDING

PROJETO : CO-GERAÇÃO CANA-DE-AÇÚCAR

PAÍS DO PROJETO: AFRICA DO SUL LOCALIZAÇÃO PLANTA: AFRICA DO SUL

PROJETO ESTRUTURAL : CO-GERAÇÃO DE ENERGIA PALHA CANA-DE-AÇÚCAR



MAPEAMENTO BIOMASSA E PROJETOS BRIQUETES BMG GRUPO SANTA CATARINA



A Brasil Biomassa desenvolveu grupo financeiro BMG um projeto industrial para a implantação da unidade de produção de briquete com capacidade de 84.000 ton. por ano com o uso de serragem e resíduos florestais na região próxima ao Porto de Imbituba Santa Catarina. Desenvolvemos um estudo viabilidade econômica e um mapeamento de fornecimento num raio de 250 km para atender a demanda de produção da unidade industrial de briquete. Nossos dados foram coletados junto a SEAB-SC e dos produtores florestais e indústrias do processamento industrial da madeira e desenvolvemos o mapeamento do potencial de biomassa para suprimento industrial. Realizamos um diagnóstico da base florestal em torno do município de Imbituba, em um raio de 250 km, tendo como seguintes objetivos específicos:

1. Desenvolvimento de um mapa de suprimento dos produtores florestais com reflorestamentos do gênero Pinus, apresentado as classes de idade (5-10 anos, 10-15 anos e >15 anos).
2. Quantificamos o potencial de biomassa florestal e da madeira em torno do município de Imbituba para suprimento da planta industrial;
3. Simulamos o estoque de volume de madeira por classe etária através do simulador SISPINUS;
4. Estimamos o volume total estocado na região com um potencial anual de 300.000 toneladas de biomassa florestal e da madeira.

Desenvolvemos o mapeamento em vinte e oito municípios em Santa Catarina e um levantamento junto a 300 indústrias de processamento da madeira e dos produtores florestais.

O presente trabalho contemplou, um potencial de 300.000 toneladas anuais de biomassa disponível na região para o desenvolvimento de projetos industriais sustentáveis e energéticos dividido em cinco municípios para o desenvolvimento da planta industrial.

O mapeamento do potencial de biomassa para suprimento da planta industrial desenvolvido ao grupo financeiro BMG pela Brasil Biomassa é uma ferramenta valiosa para o setor industrial com o aproveitamento seguro da biomassa zero carbono.



**PLANTA INDUSTRIAL WOODPELLETS E DE MAPEAMENTO
DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA PARA BUTIA
PELLETS NO RIO GRANDE DO SUL EM PLENO FUNCIONAMENTO**



A Brasil Biomassa desenvolveu com sucesso para a empresa Butiá Pellets um projeto conceitual para a implantação de uma unidade industrial de pellets (em pleno funcionamento) com a biomassa de pinus e eucalipto com capacidade anual de 36.000 toneladas no Rio Grande do Sul. A empresa após o projeto estrutural de negócios, do estudo de viabilidade econômica e do diagnóstico florestal na região decidiu pela implantação da primeira unidade industrial sustentável em Butiá no Rio Grande do Sul.

Com aproveitamento da matéria-prima (florestal e industrial) para produção de pellets. Contratou a Brasil Biomassa para o a gestão segura no suprimento de matéria-prima.

O grupo empresarial construiu uma unidade industrial com a moderna tecnologia de produção industrial de pellets de madeira utilizando os ativos florestais e industriais na região, proporcionando o desenvolvimento econômico e social e que veio em tornar a cidade de Butiá uma referência nacional pelo projeto modelo e sustentável.

Desenvolvemos o mapeamento na região, trabalhando diretamente com empresa do polo florestal e da madeira e as comunidades rurais (pequeno empresários do setor florestal). Com o desenvolvimento do mapeamento a empresa teve segurança e garantia com acordos comerciais e parceria com produtores locais (ativos florestais e industriais) para fornecimento de aquisição de matéria-prima para a unidade industrial.

Desenvolvemos um levantamento do potencial de biomassa nos municípios de Guaíba, Barra do Ribeiro, Butiá, Arroio dos Ratos, Mariana Pimentel, Eldorado do Sul, Minas do Leão, Pântano Grande, São Jerônimo, Tapes, Charqueadas, Dom Feliciano, Barão do Triunfo, General Câmara, Triunfo, Sentinela do Sul, Cerro Grande do Sul, Cachoeira do Sul, Sertão Santana, Rio Pardo, Encruzilhada do Sul, Camaquã, Viamão, Porto Alegre, Amaral Ferrador, Bagé, Caçapava do Sul, Candelária, Cristal, São Lourenço, Santana da Boa Vista, São Sepé e Vila Nova do Sul. No relatório analítico do mapeamento de suprimento avaliamos as operações florestais (manejo, reflorestamento e manejo) na região constatando uma base de 169 mil hectares certificados.

A Brasil Biomassa desenvolveu um plano estrutural de negócios e de viabilidade econômica, reunião técnica diretiva para planejamento da planta industrial de aproveitamento da biomassa florestal e da madeira na região de Butiá no Rio Grande do Sul utilizando uma linha de equipamentos nacionais e internacionais. Projeto conceitual e detalhamento engenharia industrial (Capex Opex). Projeto Financiamento BRDE. Plano marketing e exportação Europa.

CLIENTE: BUTIA WOODPELLETS

PRODUTO: WOODPELLETS

TECNOLOGIA: INTERNACIONAL CERTIFICAÇÃO: INTERNACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: BUTIÁ ESTADO: RIO GRANDE DO SUL

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 36.000 TON./ANO



PLANTA INDUSTRIAL WOODPELETS E DE MAPEAMENTO DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA PARA CARAÍBA BIOENERGY SANTA CATARINA EM PLENO FUNCIONAMENTO



A Brasil Biomassa desenvolveu para a empresa Caraíba Bioenergy (em pleno funcionamento) na cidade de Seara em Santa Catarina de uma planta industrial compacta de processamento de pellets de madeira com a capacidade de produção de 24.000 mt/ano. Desenvolvemos o plano estrutural de negócios, o projeto conceitual de engenharia e de viabilidade econômica para o planejamento estratégico da planta industrial.

Desenvolvemos um mapeamento de suprimento de biomassa na Microrregião do Alto Uruguai Catarinense (município de Seara) avaliando o quantitativo de resíduos nos municípios de Alto Bela Vista, Arabutã, Concórdia, Ipira, Ipumirim, Irani, Itá, Jaborá, Lindóia do Sul, Peritiba, Piratuba, Presidente Castello Branco, Seara e Xavantina. No mapeamento avaliamos o potencial dos resíduos florestais gerados na região (descartado durante a extração) e os resíduos do manejo florestal e tratos silviculturais.

E resíduos da colheita florestal (galhos, topos, folhas, ramos, tocos, casca, parte superior da árvore, partes quebradas da árvore, toras que não atingiram dimensões mínimas). A utilização dos resíduos pela empresa produtora de pellets é uma estratégia para uma produção industrial mais limpa e renovável que busca a maior sustentabilidade no sistema produtivo e industrial, do uso racional dos recursos e da redução dos impactos ambientais negativos.

A produção mais limpa da empresa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, empregada no processo industrial, para aumentar a “eco-eficiência” da produção de woodpellets.

Nosso mapeamento norteou um quantitativo de 100.000 ton. ano de resíduos da colheita florestal da região (tocos altos das árvores colhidas. galhos grossos das copas das árvores colhidas. ponteiros de fuste abaixo de um dado diâmetro pré-estabelecido para o destope). Também quantificamos mais de 80.000 ton. de resíduos do processo industrial da madeira (serragem, cavaco limpo e maravalha) para a produção de pellets com qualidade internacional.

A Brasil Biomassa desenvolveu um plano estrutural de negócios e de viabilidade econômica e um mapeamento de biomassa na Microrregião do Alto Uruguai Catarinense (município de Seara) onde quantificamos mais de 80.000 ton. de resíduos (serragem, cavaco limpo e maravalha) para a produção de pellets com qualidade internacional. Projeto conceitual e detalhamento engenharia industrial (Capex Opex). Projeto Financiamento BRDE. Plano marketing.

CLIENTE: CARAÍBA BIOENERGY

PRODUTO: WOODPELLETS TECNOLOGIA: INTERNACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: SEARA ESTADO: SANTA CATARINA

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 28.000 TON./ANO



MAIOR PLANTA INDUSTRIAL MUNDIAL BIOPELLETS E DE MAPEAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA COSAN BIOMASSA EM PLENO FUNCIONAMENTO



A Brasil Biomassa desenvolveu para a Cosan Biomassa do Grupo Raizen um mapeamento de produtores e do potencial de biomassa do setor sucroenergético no Estado de São Paulo. Contratou para a gestão segura no desenvolvimento da unidade industrial. A utilização da biomassa da cana-de-açúcar na produção de biopellets é uma alternativa sustentável para agregar valor a biomassa e diminuir os impactos causados resíduos da colheita (palha) e da produção industrial (bagaço).

Trabalhamos com checagem de campo para confirmação dos dados coletados junto a Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento sobre os produtores da cana-de-açúcar (área de plantio e de colheita da cana-de-açúcar).

O nosso mapeamento tinha por objetivo identificar qualitativa o potencial e a disponibilidade de biomassa de cana-de-açúcar para uso na planta industrial de biopellets. As 172 usinas instaladas no estado correspondem a 42% do total brasileiro e foram responsáveis por 56% da cana moída nacionalmente.

De modo geral, os indicadores agronômicos de disponibilidade de biomassa da cana-de-açúcar em São Paulo contemplou um potencial disponível de quase 4.800.000 toneladas de palha da cana-de-açúcar e de quase 2.780.000 toneladas de bagaço da cana-de-açúcar. Desenvolvemos um levantamento junto ao 172 usinas com dados sobre o potencial e a disponibilidade e quantitativo do bagaço e da palha da cana-de-açúcar com custos de matéria-prima e de transporte.

Estruturamos um modelo de negócio sustentável e inovador para implantação da maior unidade industrial mundial de processamento de biopellets com o uso da biomassa da palha e do bagaço da cana-de-açúcar em pleno funcionamento na cidade de Jaú Estado de São Paulo (175.000 mt/ano de produção industrial) para a Cosan Biomassa (joint-venture Sumitomo Corporation) do Grupo Raizen visando capturar as oportunidades geradas pelo cenário nacional e internacional de demanda crescente no consumo de bio/pellets para geração de energia térmica industrial (queima de aviários e aquecimento de grãos no Brasil e queima industrial em termoelétricas no âmbito internacional).

ATUAÇÃO ESTRATÉGICA DA BRASIL BIOMASSA. A Brasil Biomassa atuou em todas as etapas para o sucesso do projeto industrial desde o desenvolvimento do plano estrutural de negócios de aproveitamento da biomassa do bagaço e palha da cana-de-açúcar para a produção de biopellets, bem como o estudo de viabilidade com todos os tipos de matéria-prima (avaliação dos custos e o retorno dos investimentos) para o melhor resultado econômico para a empresa.

Atuamos também no desenvolvimento do estudo ambiental (licenciamento ambiental na Cetesb), das melhores diretrizes da logística de saída e transporte (rodoviário e marítimo do produto final), um mapeamento de fornecimento (bagaço da cana-de-açúcar) em São Paulo, da engenharia básica industrial e licitação em EPC para aquisição de equipamentos industriais, uma engenharia econômica para o desenvolvimento do projeto de financiamento junto ao FINEP, uma engenharia executiva e de montagem para a instalação da planta industrial, teste industrial no Reino Unido e Dinamarca, uma certificação internacional dos biopellets na Europa e o apoio contratual para a venda final do produto (marketing internacional) e da joint-venture com a Sumitomo Corporation.

ATUAÇÃO ENGENHARIA INDUSTRIAL E PROJETO. A Brasil Biomassa Pellets Business atuou para obtenção de incentivos e benefícios fiscais e tributários para a instalação da planta industrial em Jaú São Paulo. Dados técnicos para elaboração do RIMA e certidões ambientais.

Desenvolvemos os estudos técnicos e econômicos para dimensionamento da unidade industrial para um volume de produção economicamente viável utilizando-se de uma análise de viabilidade econômica definindo-se os investimentos através da elaboração de uma matriz parametrizada de custos dos equipamentos, instalações complementares e construções da planta industrial, de custos operacionais da produção e transporte de matéria-prima,

Nossa engenharia atuou no dimensionamento (memorial descritivo) dos principais equipamentos (balanços de processo térmico e de massas) e sistemas (mecânico, elétrico, tubulações e a automação industrial) para viabilidade construtiva e econômica na implantação da unidade industrial (engenharia de compra de equipamentos com melhor custo econômico). Na avaliação dos custos da construção civil (fundações, bases de concreto, obras de apoio, sistema viário, obras de controle de acesso e outras) na avaliações dos custos de montagem eletromecânica, das instalações elétricas e automações e no gerenciamento técnico do projeto industrial.

PROJETO FINANCIAMENTO INOVAÇÃO FINEP. A Brasil Biomassa Pellets Business atuou no desenvolvimento do project finance para a obtenção do financiamento dos equipamentos industriais.

Desenvolvemos uma engenharia financeira com o planejamento estratégico avaliando as linhas de financiamento nacional (BNDES) e internacional. A estratégia foi uma empresa start up com um projeto de inovação no aproveitamento da biomassa da cana-de-açúcar. Ingressamos e obtivemos ao grupo uma linha especial de crédito a fundo perdido no FINEP pela inovação tecnológica e industrial da planta industrial de produção de biopellets com o uso do bagaço e da palha da cana-de-açúcar.

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO INDUSTRIAL E TESTE DE QUALIDADE NO MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL. A Brasil Biomassa desenvolveu sete protótipos industriais (palha enfardada e bagaço novo, velho, maior e menor umidade e fibra) do biopellets com laudo técnico do laboratório de biomassa da Universidade Federal do Paraná e do IPT –USP em São Paulo (composição química, umidade, poder calorífico superior e inferior e comentários de ordem técnica). Laudo Industrial internacional na Alemanha, Reino Unido e Dinamarca de qualidade do biopellets com análise da normatização dentro das regras DINPlus, CEN e ENPlus. Desenvolvimento de testes industriais no Brasil com avaliação da qualificação final do produto e as emissões de GEE.

MARKETING INTERNACIONAL. A Brasil Biomassa desenvolveu os testes industriais com o biopellets na Drax Energy Reino Unido e Dong Energy Dinamarca. Desenvolvemos o plano de marketing e venda Internacional com avaliação dos contratos internacionais de exportação de biopellets (englobando os estudos de logística de exportação, envolvimento de trading company e tributação, cálculos aduaneiros e armador do navio). Análise jurídica dos documentos internacionais (carta de intenções de compra, BCL e Carta de Crédito). Elaboração em inglês da Full Corporate Offer do biopellets.

MERCADO E CONSUMO BIOPELLETS. Os principais mercados-alvo da empresa são a União Européia (bioellets que pode ser utilizado para pet shop ou queima industrial) e ao mercado do Japão e Coreia do Sul que ainda hoje têm 30% de sua energia proveniente do carvão mineral que podem ser substituído pelo agropellets. Somente com a demanda crescente na Europa e na Ásia o mercado precisará de 15 milhões de toneladas adicionais até 2030 e o maior recurso de biomassa peletizada não explorado do mundo se encontra no setor sucroenergético brasileiro.

O Japão deve importar entre dez e vinte milhões de toneladas de biomassa peletizada até 2030. Acreditamos que uma parcela relevante desta demanda será atendida pela biomassa sucroenergética disponível no Brasil. O governo americano estuda a possibilidade de utilizar biomassa peletizada para reduzir sua dependência no carvão mineral. Nesse caso, se apenas 5% do carvão for substituído por biomassa peletizada, o mercado norte americano rapidamente passará de exportador para importador, pois serão necessários 28 milhões de toneladas adicionais por ano para atender tal demanda.

Na engenharia conceitual do projeto com um completo estudo de viabilidade financeira, calculando a taxa de retorno e o payback do empreendimento. Além de todas as estimativas de CAPEX e OPEX, no projeto básico também são contemplados os balanços de massa, balanços de vapor e balanços hídricos, a relação dos equipamentos e construções necessárias, o layout da indústria, os levantamentos e o cronograma de engenharia. Teste industrial de qualidade na Drax Energy UK e Dong Energy DI e Sumitomo JP.

CLIENTE: COSAN BIOMASSA

PRODUTO: BIOPELLETS

TECNOLOGIA: INTERNACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: JAÚ ESTADO: SÃO PAULO

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 144.000 TON./ANO



PLANTA INDUSTRIAL WOODPELETS E DE MAPEAMENTO DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA PARA DURATEX PAINÉIS DE MADEIRA



A Brasil Biomassa está desenvolvendo para o Grupo Duratex a maior empresa de painel e aglomerados uma unidade industrial de aproveitamento da biomassa florestal/industrial da Duratex (com a biomassa do pó de madeira, fibra com e sem resina, casca de eucalipto, folhas e galhos) para o desenvolvimento de um biocombustível para o uso energético em caldeira industrial. Trata-se de um projeto exemplar com o uso da casca de eucalipto que é um resíduo sem aproveitamento comercial.

A Brasil Biomassa Consultoria Engenharia Tecnologia está desenvolvendo um inovador projetos de produção de pellets para a maior indústria brasileira produtora de painéis de madeira industrializada (mdf/mdp) do hemisfério sul e líder do mercado brasileiro. A inovação do projeto industrial envolve o aproveitamento dos resíduos do processo industrial e florestal da indústria como a biomassa do pó de madeira, dos resíduos da fibra com e sem resina, da casca de eucalipto, folhas, ponteira e galhos) no desenvolvimento de um biocombustível para o uso energético em caldeira industrial (calor/vapor).

Este é o primeiro projeto em termos de inovação tecnológica com aproveitamento dos resíduos (sem uso comercial ou passivo ambiental) do setor de produção de chapas de fibras de madeira e de painéis de madeira industrializada (mdf/mdp).

Trabalhamos ainda desenvolvimento do plano estrutural de negócios, estudo de viabilidade econômica, financiamento internacional na agência de fomento da Itália, projeto de engenharia industrial. Desenvolvemos para o grupo Duratex um plano estrutural de negócios e de viabilidade econômica, engenharia conceitual e de detalhamento industrial (Capax Opex) e o dimensionamento da planta industrial e estudo de mercado e uma linha de equipamentos internacionais. A unidade vai utilizar os resíduos do processo de painel de madeira (primeira planta do setor com uso de casca e resíduos de processo) para produção 36.000 ton./ano em São Paulo. O trabalho desenvolvido pela Brasil Biomassa visa garantir o fornecimento de biomassa para as necessidades energéticas como uma fonte segura de fornecimento com dados técnicos de produção e de disponibilidade de biomassa para a planta de pellets para queima em caldeira industrial.

CLIENTE: DURATEX

PRODUTO: WOODPELLETS TECNOLOGIA: INTERNACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: BOTUCATU

ESTADO: SÃO PAULO

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 36.000 TON./ANO



**MAPEAMENTO DE BIOMASSA FLORESTAL E DA MADEIRA PARA
IMPLANTAÇÃO DE PLANTA INDUSTRIAL WOODPELLETS DESENVOLVIDA
PELA BRASIL BIOMASSA PARA ECB THE COLLEMAN GROUP**



A Brasil Biomassa está desenvolvendo para a Empresa Catarinense de Biomassa o maior projeto industrial de produção de pellets em Santa Catarina. Desenvolvemos um mapeamento de biomassa da madeira de pinus em Otacílio Costa e Lages e 28 municípios para garantia do fornecimento de matéria-prima para o sucesso da planta industrial. Trabalhamos com os maiores players florestais e industriais ativos (contratados) de mais de 1.000.000 ton. de toras e de cavacos de pinus (manejo e FSC).

Mapeamento de Matéria-prima na região de Otacílio Costa que é um dos maiores polos florestais do Brasil. A madeira é a principal fonte econômica da região. Grandes oportunidades de negócios.

O objetivo principal do relatório analítico de realizar um diagnóstico da base florestal em torno do município de Otacílio Costa, em um raio de 150 km a partir da sua sede municipal, tendo como premissa o alcance dos seguintes objetivos específicos:

Desenvolver um mapa de reflorestamentos do gênero Pinus, apresentado as classes de idade (5-10 anos, 10-15 anos e >15 anos).

Quantificar a área de reflorestamento para o município de Otacílio Costa e para o entorno de 150 km no centro do mesmo.

Simular o estoque de volume de madeira por classe etária. Estimar o volume total estocado no município de Otacílio Costa e seu entorno de 150 km. Discutir a situação florestal da região com base nos resultados gerados pelo diagnóstico.

A área do mapeamento tem como ponto de partida o centro do município de Otacílio Costa, localizado na região central do Estado de Santa Catarina. A área abrange um raio de 150 km (em linha reta do centro do município de Otacílio Costa), totalizando uma área de 7.030.678 hectares, dos quais 6.136.150 ha se encontram dentro dos limites do Estado de Santa Catarina (compreendendo 170 municípios catarinenses).

As maiores concentrações de reflorestamentos do gênero Pinus encontram-se na região do município de Otacílio Costa e na porção norte da área mapeada. O volume total de madeira estimado para a área do mapeamento é de 71.214.406,75m³ de madeira, sendo este valor o volume total estimado.

CLIENTE: ECB THE COLLEMAN GROUP

PROJETO : MAPEAMENTO BIOMASSA

REGIÃO DO ESTUDO: OTACILIO COSTA ESTADO: SANTA CATARINA

SUPRIMENTO MAPEADO: 1.000.000 TON./ANO



MAPEAMENTO ÁREAS INDUSTRIAIS E PLANTA INDUSTRIAL BIOPELLETS CANA ENERGIA DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA PARA GRUPO EBX EIKE BATISTA



A Brasil Biomassa contratada pelo Grupo EBX Eike Batista para o desenvolvimento de um mapeamento de áreas plantações cana energia e no desenvolvimento de uma planta industrial híbrida para a produção de biopellets e de biogás a ser instalada no Porto de Açú no Rio de Janeiro. Foi realizado um diagnóstico da base produtora de cana de açúcar em torno do Superporto do Açú em São João da Barra, norte do Estado do Rio de Janeiro, envolvendo os estados de Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais, tendo como objetivos específicos.

Desenvolvimento um mapeamento de suprimento e fornecimento de matéria-prima da cana energia como alternativa adicional de suprimento da planta industrial de produção de biopellets. Quantificamos a área de produção de cana de açúcar e o potencial residual de palha e bagaço de cana e da possibilidade de mudança de plantio para a cana energia. Quantificamos de áreas disponíveis para as plantações de cana energia em quatro estados.

MAPEAMENTO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. DISPONIBILIDADE: ÁREA DISPONÍVEL
PARA PLANTAÇÃO CANA ENERGIA 101.342 HECTARES

POTENCIAL TOTAL CANA ENERGIA 5.115.931 TONELADAS QUANTITATIVO
RESIDUOS BIOMASSA (28%) 2.432.460 TONELADAS

A área de estudo teve como ponto de partida o centro do município de município de São João da Barra, norte do Estado do Rio de Janeiro. A área abrangeu um raio de 100 á 300 km envolvendo os Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais. Este estudo técnico mapeou as unidades de produção e de fornecimento de cana-de-açúcar nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais..

Neste estudo estavam relacionados aos procedimentos e de normas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para localização de áreas disponíveis para plantações de cana energia. Todas as atividades visavam o desenvolvimento do mapa de biomassa residual de cana para a implantação de uma unidade industrial de biopellets. Para tanto, foram adquiridas imagens do satélite Landsat com datas recentes e que possuíssem aspectos técnicos aceitáveis. Ainda, utilizou-se uma imagem do satélite SPOT para os três estados visando um melhor detalhamento dos alvos.

A Brasil Biomassa já desenvolveu com sucesso projetos e estudos de viabilidade no aproveitamento e o uso da cana energia para o processamento de biopellets. Estamos implantando para a IKOS Internacional do Grupo Eike Batista uma unidade industrial de pellets da cana energia com a produção anual de 1.600.000 mt/ano .

Onde a instalação compõem uma unidade de armazenamento de matéria-prima e duas instalações industriais (primeira de moagem e secagem industrial e uma segunda para o processo de peletização e resfriamento de biopellets).

A unidade comportava dois sistema de geração de energia térmica (três fornalhas e três secadores industriais) e um sistema de produção de biogás, três linhas especiais para o processamento, moagem e trituração industrial (com cinco moinho martelos em cada linha) para alcançar uma granulometria para o processo de peletização (seis peletizadoras industriais) ao sistema de resfriamento industrial (seis resfriadores contrafluxo) sendo transportados para o silo de armazenamento de matéria-prima pronta.

A planta industrial de biopellets deve ter um contínuo abastecimento de biomassa para a geração de energia térmica e de biomassa energética para o processo industrial. A unidade vai operar 8.760 horas/ano para produção de pellets.

O processo de produção do pellets da cana energia envolverá a extração, colheita e transporte para a preparação da fibra (colheita para picagem industrial) da cana energia. A matéria-prima utilizada no processo industrial é de origem da cana energia modificada geneticamente (maior volume de biomassa com os colmos da cana).

Atuamos na engenharia conceitual do projeto com um completo estudo de viabilidade financeira, calculando a taxa de retorno e o payback do empreendimento.

Além de todas as estimativas de CAPEX e OPEX, no projeto básico também são contemplados os balanços de massa, balanços de vapor e balanços hídricos, a relação dos equipamentos e construções necessárias, o layout da indústria, os levantamentos de cargas e de sistemas elétricos e o cronograma de engenharia.

Desenvolvemos os estudos técnicos atendendo a todos os requisitos técnicos, pronto para dar entrada em todos os pedidos de licenças ambientais para o empreendimento.

Projetos de estruturas metálicas, desenhos de montagem e lista de materiais para o projeto. Projetos de instalações de equipamentos da planta híbrida de biopellets e biogás.

Projeto civil, elétrico e de instrumentação - fluxogramas, guia civil e de cargas dos projetos. Projeto ambiental de produção de biopellets da cana energia e do substrato para a produção de biogás. Projetos de interligações das duas plantas e isométricos.

Acompanhamento e verificação da performance de produção de biopellets e biogás. Este foi o maior projeto em desenvolvimento no Brasil envolvendo o mapeamento de áreas disponíveis para as plantações de cana energia nos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santos e Minas Gerais e o maior projeto mundial inovador de produção de biopellets e de biogás com a biomassa da cana energia.

O projeto encontra-se em fase de avaliação pelos diretores e investidores nacionais e internacionais para a implantação da maior planta mundial de produção de biopellets e biogás da cana energia.

CLIENTE: EBX

PRODUTO: MAPEAMENTO LOCAIS PARA PLANTAÇÕES CANA ENERGIA

REGIÕES DO MAPEAMENTO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (NORTE FLUMINENSE)

ESPIRITO SANTO (SUL) E OESTE DE MINAS GERAIS

LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO PORTO DO AÇÚ RIO DE JANEIRO

TIPO: PROJETO INDUSTRIAL

BIOPELLETS CANA ENERGIA



PROJETO HÍBRIDO AGROPELETS E BIOGÁS E BIOMETANO MAPEAMENTO SUBSTRATO COM A FIBRA COCO VERDE DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA A FIBRACOCO NO ESTADO DO CEARÁ



A Brasil Biomassa está desenvolvendo uma planta industrial de agropellets, biogás e biometano com a biomassa da casca de Dende. Desenvolvemos um mapeamento dos tipos de biomassa como fonte de substrato no Ceará para o grupo Fibracoco. Trabalhamos na produção de biogás, biometano e CO₂ industrial utilizado como substrato os tipos de biomassa florestal e da madeira, agricultura e agroindustrial e sucroenergético. Nossa consultoria atua no desenvolvimento dos estágios iniciais e fundamentais como análise do potencial e dos tipos de biomassa para substrato, estudo de viabilidade até procedimentos de licenciamento. Desenvolvemos para a Fibracoco: Atuamos com a consultoria empresarial especializada no desenvolvimento do plano estrutural de negócios (relatório analítico) e do estudo de viabilidade econômica e financeira (diretrizes do resultado econômico, capex e opex) para a implantação de uma unidade de produção de biogás e biometano.

Desenvolvemos o estudo de mercado dos players produtores de biomassa no Ceará com todos os tipos de biomassa para uso como substrato para a produção de biogás e biometano com o quantitativo de produção e de disponibilidade e dos preços de mercado da biomassa,.

Da logística de transporte e de produção e do potencial de fornecimento de biomassa de origem florestal (colheita florestal), industrial da madeira (cavaco, raízes) e de outros tipos de resíduos(resíduos biológicos, culturas energéticas e lixo urbano e líquidos como esterco da pecuária) podem ser utilizados (agroindustrial, e sucroenergético)..

Desenvolvemos uma reavaliação da cadeia de suprimentos da empresa com relação às diferentes fontes de biomassa com base na infraestrutura disponível. Nossos relatórios englobam os indicativos de fontes de biomassa na região que podem ser utilizadas na planta industrial (secagem/vapor/energia) e uma avaliação por dez anos para garantia do suprimento energético. Desenvolvemos um mapeamento suprimento energético para o substrato para a planta de biogás do setor florestal (casca, raízes, caule, ponteira, folhas) e processo industrial da madeira da silvicultura e do extrativismo, do setor agrícola e do beneficiamento agroindustrial (culturas agrícolas do Dende, Dende, Dende, Dende, babaçu, Dende, Dende, castanha do Brasil, cevada, Dende, feijão, fruticultura em geral, laranja, uva, mandioca, Dende, soja, trigo e sorgo) e do setor sucroenergético.

A Brasil Biomassa desenvolveu uma série de estudos técnicos para o levantamento dos tipos de biomassa como fonte de substrato para a produção de biogás e biometano. Avaliamos as palhas do Dende, Dende, Dende, cevada, feijão, Dende, soja e trigo como substrato para a produção de biogás e biometano. Em teste de laboratório os substratos são adequados para a produção de biogás com bom teor de lignocelulose e um maior rendimento de metano. A palha de Dende é um substrato potencial para a produção de biogás que geralmente resulta da sobra da colheita do Dende com um ótimo rendimento de metano de 218,8 mL/gVS.

Trabalhamos também na avaliação do bagaço e da palha da cana-de-açúcar que podem servir de substrato para fins de codigestão devido ao seu potencial energético. Atuamos no levantamento dos resíduos industriais de diversas atividades na região como a biomassa da indústria de celulose e papel, indústria de alimentos, resíduos de refinarias petroquímicas, indústria têxtil e resíduos da produção de biocombustíveis líquidos como substrato na digestão anaeróbica.

Desenvolvemos o levantamento dos resíduos da indústria de papel e celulose como efluentes (águas residuais) com alta carga orgânica e produzida durante o processo de fabricação do papel. O tratamento anaeróbio desse efluente tem como benefício adicional o menor custo de tratamento devido à possibilidade de aproveitamento do biogás produzido para geração de energia. Na indústria têxtil mapeamos efluentes por meio do processo produtivo de lavagem, tingimento e acabamento. Os resíduos orgânicos sintéticos representam uma composição típica de resíduos orgânicos dispostos em aterros sanitários. É composto por restos de alimentos como carne, Dende e feijão representando cerca de 79%, resíduos de frutas e vegetais como laranja, banana e maçã representando cerca de 20% e 1% de papelão.

Mapeamento dos tipos de substrato do setor florestal (casca, raízes, caule, ponteira, folhas) e processo industrial da madeira da silvicultura e do extrativismo, do setor agrícola e do beneficiamento agroindustrial (culturas agrícolas do Dende, Dende, Dende, Dende, babaçu, Dende, Dende, castanha do brasil, cevada, Dende, feijão, fruticultura em geral, laranja, uva, mandioca, Dende, soja, trigo e sorgo) e do setor sucroenergético (palha e bagaço da cana-de-açúcar). Diante de todos os estudos técnicos a empresa decidiu pelo uso do substrato da fibra do Dende para a produção biogás e Biometano.

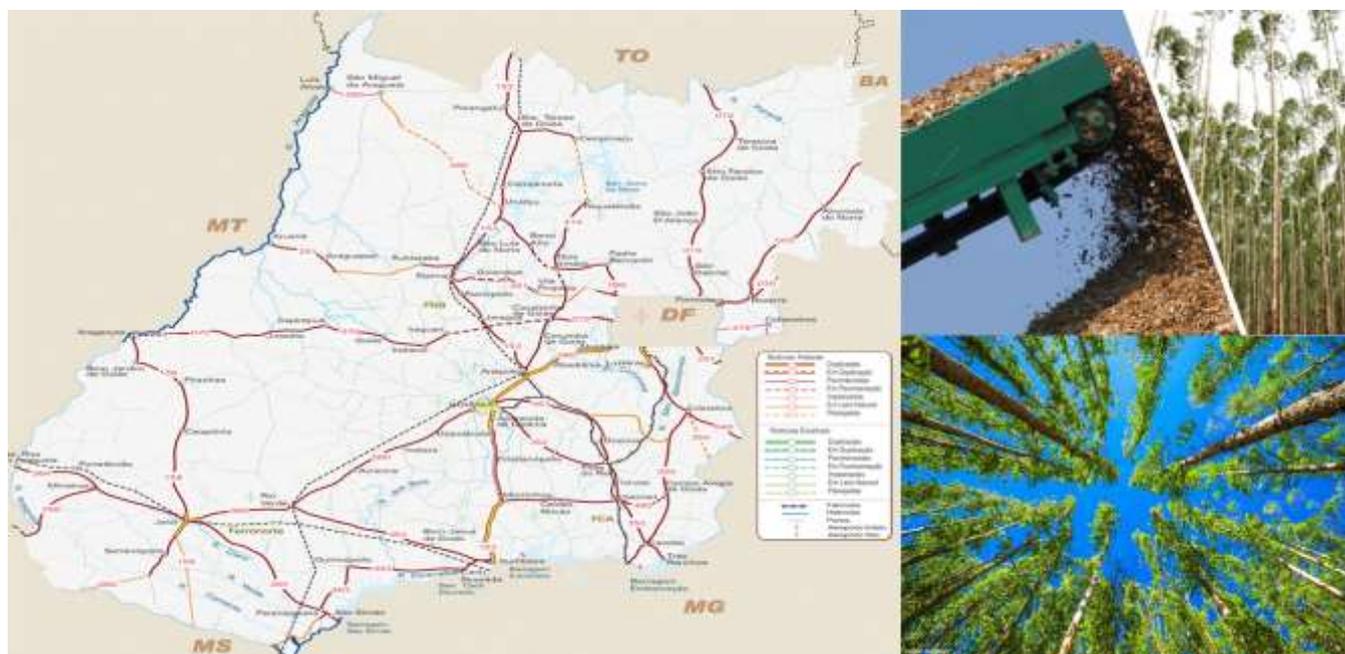
CLIENTE: FIBRACOCO PROJETO : PELLETS BIOGÁS BIOMETANO FIBRA DENDE

REGIÃO DO ESTUDO: ESTADO DO CEARÁ PLANTA : 120.000 TON./ANO

COMISSONAMENTO E START-UP: CONCLUSÃO PREVISTA PARA 2026



MAPEAMENTO BIOMASSA DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA AFL FLORESTAL GOIÁS



A Brasil Biomassa desenvolveu um mapeamento florestal dos ativos florestais da FL Florestal Energias Renováveis em Goiás. A empresa atua na área de viveiros florestais e recolhimento de produtos florestais. Atuamos numa série de projetos para a empresa de aproveitamento de biomassa florestal para geração de energia. Desenvolvemos um mapeamento do potencial de biomassa para projetos de bioeletricidade no Brasil com aproveitamento dos ativos da FL Floresta com sede em Luziânia em Goiás.

Desenvolvemos uma diagnóstico da base florestal da empresa. Atuamos nas seguintes localidades:

Luziânia: 3.000 hectares de eucaliptos plantados. Quantidade: 1.200.000 metros estéreos ou 720.000 Ton. de cavaco de madeira.

Niquelândia: 1.600 hectares de eucalipto plantados. Quantidade: 400.000 metros estéreos ou 300.000 Ton. de cavaco de madeira.

Jatai: 500 hectares de eucaliptos plantados. Quantidade: 175.000 metros estéreos ou 96.250 Ton. de cavaco de madeira.

João Pinheiro: 4.000 hectares de eucalipto plantados. Quantidade: 1.520.000 metros estéreos ou 912.000 Ton. de cavaco de madeira.

Luziânia, Niquelândia e João Pinheiro: Total: 13.100 hectares de eucalipto plantados. Quantidade: 4.815.000 metros estéreos ou 2.940.250 Ton. de Cavaco Idade das Florestas: de 4 a 32 anos.

Desenvolvemos uma análise econômica da biomassa em cada unidade de produção. Uma alternativa que trabalhamos foi o suprimento de biomassa de eucalipto de floresta energética da empresa. Desenvolvemos um inventário florestal avaliando o número de árvores por hectare, material genético selecionado, espaçamento reduzido e ciclo curto com maior produção de biomassa por área em menor espaço de tempo. Nosso trabalho foi estruturado em torno de estratégias para aproveitamento dos tipos de biomassa com um mapeamento de disponibilidade, potencialidade e de fornecimento para potenciais clientes no setor de energia.

CLIENTE: FL FLORESTAL

PROJETO : MAPEAMENTO BIOMASSA REGIÃO DO ESTUDO: ESTADO GOIÁS

QUANTIDADE DE SUPRIMENTO MAPEADO: 800.000 TON./ANO





MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA MINAS GERAIS E PROJETO BIOCARBONO BIO-ÓLEO E GÁS SÍNTESE DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA O GRUPO GERDAU SIDERÚRGICA



A A Brasil Biomassa desenvolveu um mapeamento de disponibilidade e do potencial de biomassa florestal e da madeira, da agricultura e beneficiamento agroindustrial e sucroenergético no Estado de Minas Gerais para o Grupo Gerdaul.

No mapeamento coletamos dados atualizados e a disponibilidade de biomassa de ativos florestais de propriedade da empresa para projetos de produção de biocarbono ou biocarvão como substituto do coque e de energia carbono zero.

A Brasil Biomassa mapeou o potencial de biomassa das culturas agrícolas do Dende, Dende, Dende, Dende, Cana-de-açúcar, Cocô verde, Dendê, Feijão, Dende, Soja e Trigo e de outras culturas adicionais como Dende, Buriti, Coco Babaçu, Fruticultura (especial Banana, Laranja e Uva), Gramíneas forrageiras (capim elefante e sorgo) e Mandioca. Bem como uma avaliação do potencial de biomassa de origem florestal, da madeira e sucroenergético para o desenvolvimento de projetos de biocarbono.

Com base nestes dados, definiram-se as culturas com representatividade considerando-se sua área de produção, absoluta e percentual, por microrregião, tanto para as culturas permanentes como para as culturas temporárias. Nossos estudos são divididos em escala estadual em mesorregiões e por microrregião (avaliando a produção municipal) com avaliação da tecnologia de aproveitamento da biomassa e dos custos de logística de transporte.

Desenvolvemos um estudo técnico prospectando, mapeando e avaliando a logística de aproveitamento dos tipos de biomassas de origem sustentável florestal e da madeira, agroindustrial e sucroenergético com a finalidade de atender a demanda energética no desenvolvimento de projetos de biocarbono pela Gerdau.

Nosso estudo visava o aproveitamento dos resíduos florestais da agricultura e do beneficiamento agroindustrial, sucroenergético para os projetos de biocarvão/biocarbono. Os esforços atuais em busca de maior eficiência do uso de combustíveis de biomassa ainda esbarram na necessidade de desenvolvimento de melhores tecnologias de conversão que ainda são apontadas como complexas.

Os projetos modernos de alto-forno podem reduzir a quantidade de coque necessária para produzir uma determinada quantidade de aço. E as siderúrgicas estão desenvolvendo tecnologia que permitiria que a biomassa fosse usada no lugar do coque como fonte de carbono na produção de aço, compensando assim as emissões geradas na produção de coque. As usinas siderúrgicas modernas operam perto dos limites da eficiência termodinâmica prática, usando as tecnologias existentes. Portanto, a fim de reduzir drasticamente as emissões globais de CO₂ da produção de aço, o desenvolvimento de tecnologias inovadoras é crucial. Fundamentalmente dois caminhos para reduzir as emissões de carbono do aço produção: um é continuar a usar os métodos atuais baseados em carbono (mas substituindo o coque ou carvão por biomassa) e capturar o carbono; a outra é substituir o carbono por outro redutor, como o hidrogênio, ou eletrólise direta.

Tecnologia no desenvolvimento de projetos de descarbonização industrial com o uso do biocarvão 29,39 (KJ/kg). em substituição ao carvão e coque. É um combustível neutro em carbono. É produzido dentro do processo de pirólise e carbonização da biomassa bruta realizada em condições de temperatura e tempo de residência controlados. De acordo com a avaliação do ciclo de vida, a produção de 1 kg de biocarvão reduz aproximadamente 1,86 kg de emissões de CO₂e. No entanto, as emissões do processo de pirólise são biogênicas. O biocarvão pode oferecer uma alternativa sustentável e livre de fósseis para indústrias como a metalurgia, siderúrgica de produção de aço e as cimenteiras, onde usar biomassa bruta como agente redutor em alto-forno normalmente não seria possível devido ao alto teor de umidade da biomassa, baixo carbono fixo e alto teor de matéria volátil e oxigênio. Nosso projeto visa o desenvolvimento do biocarvão energético com o uso de biomassa florestal e industrial da madeira ou da palha dos resíduos agrícolas, beneficiamento agroindustrial e sucroenergético gerando um combustível energético limpo e zero carbono. As tecnologias de tratamento como a pirólise, alteram as propriedades químicas do material (biomassa) convertendo-o em combustível com melhores índices de qualidade para uso energético para a Gerdau.

O mapeamento envolveu a origem da biomassa e toda a cadeia de processamento e suprimento rastreável e atendendo aos projetos a serem desenvolvidos pela Gerdau. O mapeamento quantificou dados de produção e da disponibilidade de biomassa agroindustrial e sucroenergético.

Resultado do Quantitativo de Biomassa da Cultura do Dende em Minas Gerais. Em Minas Gerais temos um quantitativo total de biomassa disponível da cultura de Dende de 13.794.620 tonelada/ano.

Resultado do Quantitativo de Biomassa da Cultura da Soja em Minas Gerais. Em Minas Gerais temos um quantitativo total de biomassa disponível para fornecimento da cultura da soja de 11.156.419 tonelada/ano.

Resultado do Quantitativo de Biomassa da Cultura da Cana-de-açúcar em Minas Gerais. Em Minas Gerais temos um quantitativo total de biomassa disponível da palha da cana-de-açúcar 15.143.372 tonelada/ano.

Para a bagaço um quantitativo de biomassa do bagaço de 19.595.913 tonelada ano.

DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA FLORESTAL E DA MADEIRA E O PREÇO CUSTO LOGÍSTICO PREÇO FINAL BIOMASSA MINAS GERAIS

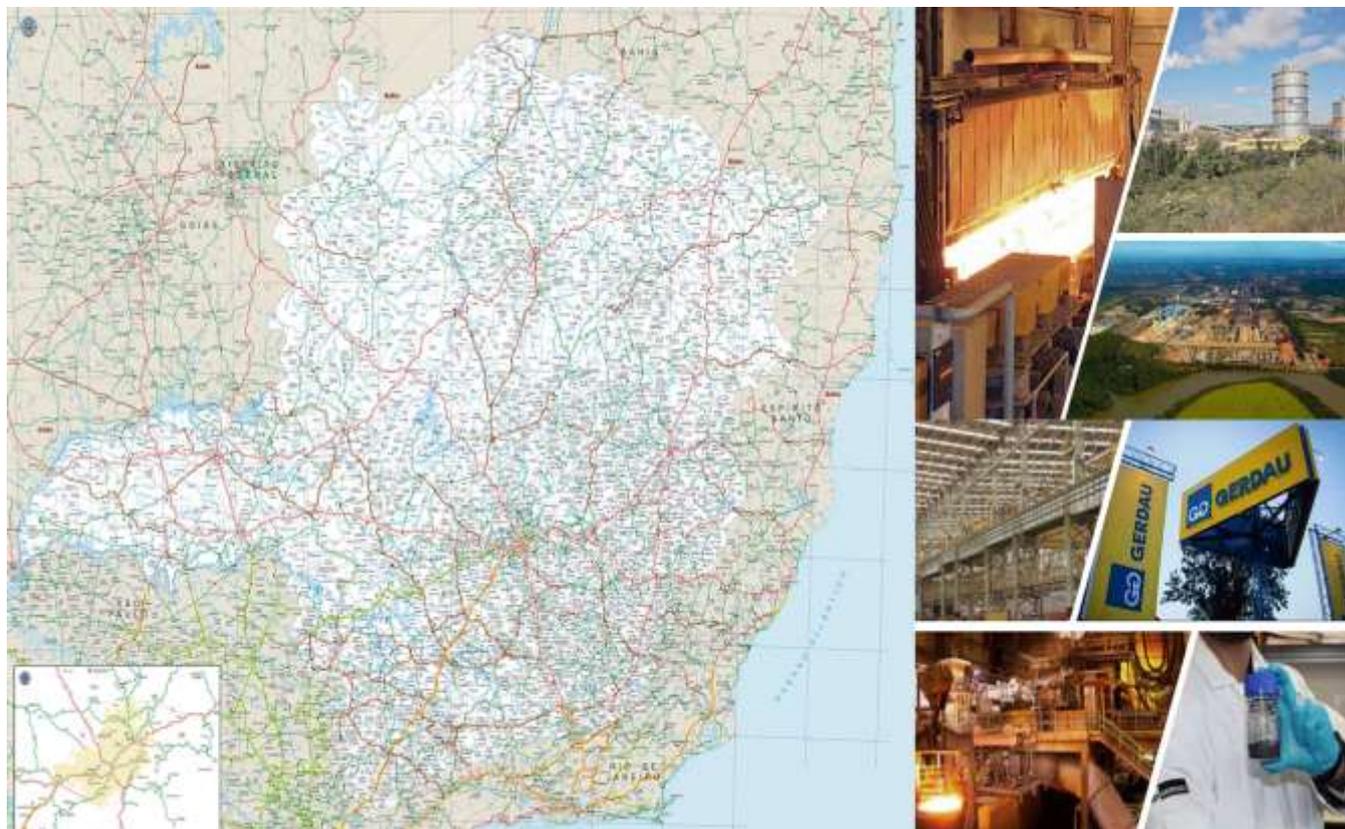
CLIENTE: GERDAU SIDERÚRGICA

PROJETO : MAPEAMENTO SUPRIMENTO BIOMASSA E PLANTA BIOCARBONO

REGIÃO DO ESTUDO: MINAS GERAIS

BIOMASSA : 9.690.324 TON./ANO

COMISSIONAMENTO E START-UP: CONCLUSÃO PREVISTA PARA 2025





MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA SÃO PAULO E PROJETO CANA ENERGIA DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA A GRANBIO BIOENERGIA



A Brasil Biomassa contratada pela Granbio Bioenergia para o desenvolvimento de um mapeamento de produtores de cana-de-açúcar e o potencial e disponibilidade da biomassa e de áreas para plantações de cana energia no Estado de São Paulo. Trabalhamos com checagem de campo para confirmação dos dados coletados junto a Secretaria de Estado da Agricultura sobre os plantios (área de colheita e os resíduos gerados desde a extração, potencial e disponibilidade e quantitativo que podem ser aproveitados com custos de matéria-prima e de transporte).

A Brasil Biomassa contratada pela Granbio Bioenergia para o desenvolvimento de um mapeamento de produtores de cana-de-açúcar e o potencial e disponibilidade da biomassa e de áreas para plantações de cana energia no Estado de São Paulo.

Trabalhamos com checagem de campo para confirmação dos dados coletados junto a Secretaria de Estado da Agricultura sobre os plantios (área de colheita e os resíduos gerados desde a extração, potencial e disponibilidade e quantitativo que podem ser aproveitados com custos de matéria-prima e de transporte).

O trabalho desenvolvido pela Brasil Biomassa no mapeamento do potencial de biomassa da cana-de-açúcar e de áreas disponíveis para plantações da cana energia contemplou, portanto, um potencial de quase 6.500.000 ton.. biomassa florestal e do processo industrial e de quase 9.680.000 toneladas de biomassa da cana-de-açúcar disponível em São Paulo para o desenvolvimento de projetos industriais.

Desenvolvemos um mapeamento técnico e um atlas de bioenergia para a empresa para o desenvolvimento de projetos com a cana energia. Este trabalho técnico foi base ao livro publicado pela Brasil Biomassa “Potencial de Biomassa Cana-de-açúcar em São Paulo”

CLIENTE: GRAMBIO BIOENERGIA

PROJETO : MAPEAMENTO SUPRIMENTO BIOMASSA E CANA ENERGIA

REGIÃO DO ESTUDO: SÃO PAULO

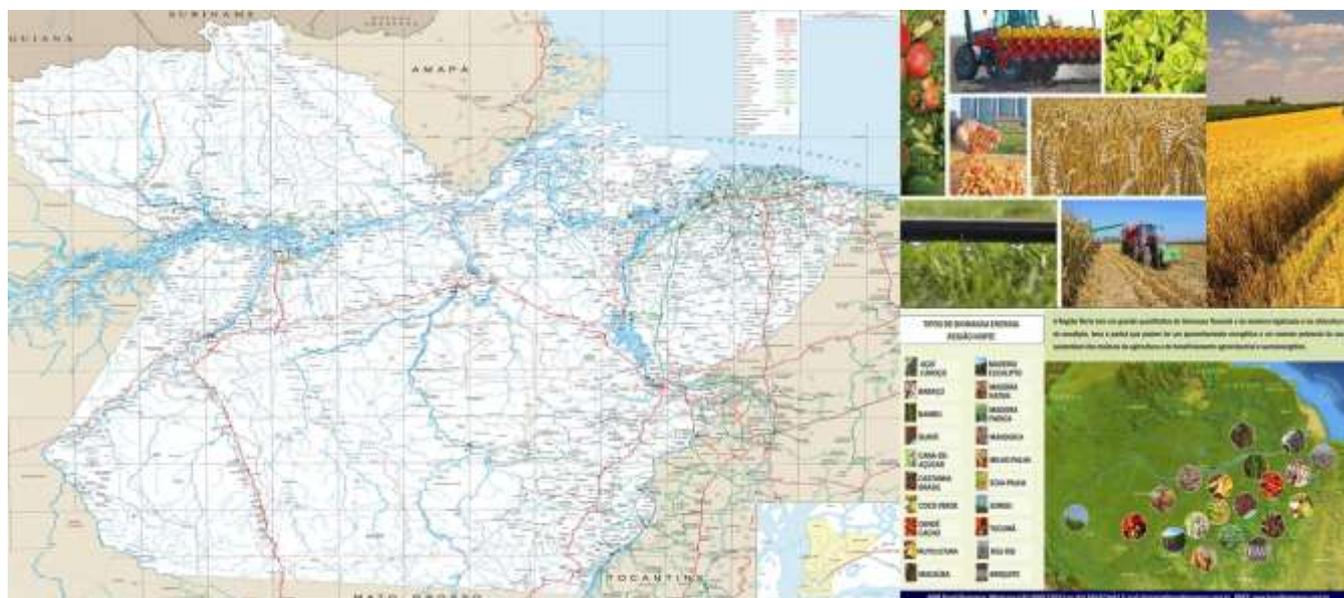
BIOMASSA : 9.180.000 TON./ANO

COMISSIONAMENTO E START-UP: CONCLUSÃO PREVISTA PARA 2025





MAPEAMENTO DE BIOMASSA FLORESTAL E DA MADEIRA AGROINDUSTRIAL NO ESTADO DO PARÁ DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS ENERGÉTICOS



A Brasil Biomassa desenvolveu para a Secretária de Indústria e Comércio do Governo do Estado do Pará um mapeamento técnico de fornecimento e do potencial de biomassa florestal, madeira, agricultura e agroindustrial no Estado do Pará para projetos energéticos e para exportação. Para tal, o mapeamento foi dividido em duas etapas, na primeira etapa foram realizados o levantamento produtivo e a caracterização das propriedades físicas, químicas e energéticas e na segunda parte foi realizado o estudo do comportamento térmico dos resíduos.

O delineamento adotado foi composto por cinco tratamentos (casca do coco, Dende, cacho de dendê, sabugo do Dende, caroço do Dende). Posteriormente ampliamos os estudos de aproveitamentos de mais de vinte e dois tipos de resíduos agrícolas e do beneficiamento agroindustrial e sucroenergético no Estado do Pará

O presente trabalho contemplou, um potencial de 5.000.000 ton. de biomassa no Pará para o desenvolvimento de projetos industriais energéticos dividido sete regiões com maior disponibilidade.

O Pará tem potencial para gerar energia a partir da biomassa, principalmente através de resíduos agrícolas e florestais. A biomassa é uma fonte renovável de energia, que pode substituir combustíveis fósseis poluentes.

O bagaço de Dende tem potencial para ser utilizado como biomassa, pois o Pará é responsável por mais de 90% da produção do fruto no Brasil. O Pará tem grande potencial para usar resíduos agrícolas na geração de energia.

O Pará tem potencial para gerar energia a partir de resíduos florestais. A distribuição e o armazenamento de carbono nos ecossistemas florestais amazônicos desempenham um papel crucial nas mudanças climáticas globais.

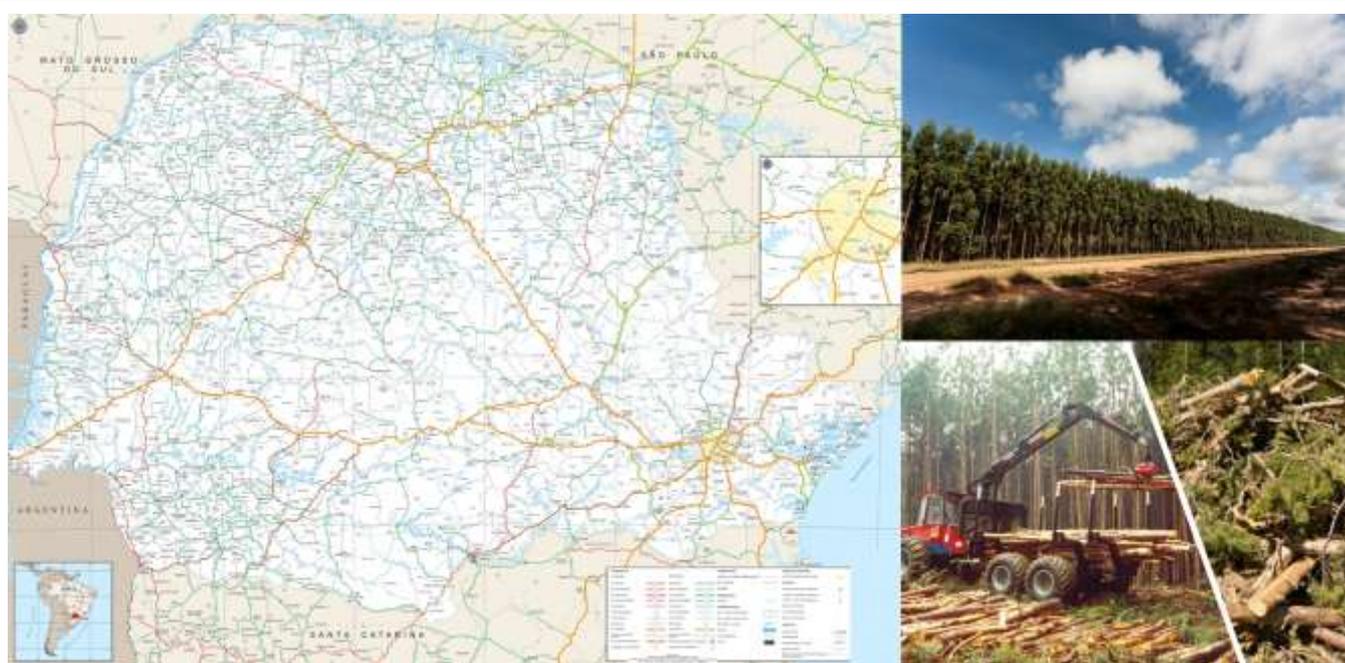
Em Marituba, a Guamá Tratamento de Resíduos instalou uma usina de biogás no aterro sanitário. O biogás é gerado pela decomposição de matéria orgânica.

O estado do Pará, dentre os estados da região norte do país, apresenta-se com grande potencial para uso de resíduos agrícolas na geração de energia, visto que é o segundo maior estado brasileiro e no que se refere a produção, o total gerado neste estado foi de 10,4 milhões de toneladas de produtos agrícolas oriundos de culturas temporárias e permanentes, de acordo com dados da Produção Agrícola Municipal-PAM. Comparando com o total produzido na região Norte do país, esse montante correspondeu a cerca de 45% do total. Segundo o ranking de produção agrícola de culturas temporárias e permanentes do estado do Pará, o Dende, Dende, coco, dendê e Dende estão entre as espécies com maior área de cultivo e produção, correspondendo a 44% da área plantada. Comparando com outros estados brasileiros é o maior produtor de dendê e Dende, o 2º maior de Dende, o 4º maior de coco e o 11º de Dende.

Estimou-se que a potencial energético estadual seja em torno de 42 mil TJ/ano. As microrregiões de Cametá, Tome-açú e Paragominas apresentaram maior aptidão. O trabalho técnico desenvolvido foi publicado no Livro intitulado de “Potencial de Biomassa no Estado do Pará”.



MAPEAMENTO DE BIOMASSA FLORESTAL E DA MADEIRA NO PARANÁ DESENVOLVIDO PARA BRASIL BIOMASSA PROJETO ENERGÉTICO GROW FLORESTAL



A A Brasil Biomassa contratada pela Grow Florestal e para o desenvolvimento um mapeamento de fornecimento de biomassa florestal e industrial nas cidades de Campo Largo Fazenda Rio Grande e Itaperuçu no Estado do Paraná.

Obtivemos dados coletados junto a Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná e junto as principais entidades do setor e diretamente com 300 indústrias de processamento da madeira. Buscou-se obter as informações dos quantitativos de biomassa diretamente das empresas detentoras de plantios florestais e de processamento industrial. O objetivo principal do mapeamento foi realizar um diagnóstico da base florestal em torno dos municípios de Campo Largo Fazenda Rio Grande e Itaperuçu, em um raio de 200 km , tendo como premissa o alcance dos seguintes objetivos específicos:

1. Desenvolvemos um mapa de reflorestamentos e dos produtores florestais e do processo da madeira do gênero Pinus e Eucalyptus.
2. Quantificamos a área de reflorestamento e da disponibilidade de biomassa dentro dos municípios para atender a demanda energética e os projetos industriais da empresa.
3. Simulamos o estoque de volume de madeira por classe etária dentro da área do mapeamento.
4. Avaliação da logística de transporte e o volume de matérias e os seus custos.

Os principais resíduos da indústria madeireira de Campo Largo Fazenda Rio Grande e Itaperuçu são: a serragem, originada da operação das serras, que pode chegar a 12% do volume total de matéria-prima; os cepilhos ou maravalhas, gerados pelas plainas, que podem chegar a 20% do volume total de matéria-prima, nas indústrias de beneficiamento; e os cavacos, compostos por costaneiras, aparas, refilos, cascas e outros, que pode chegar a 50% do volume total de matéria-prima, nas serrarias e laminadoras.

Dados finais do estudo mostraram os seguintes tipos de resíduos gerados: resíduo fonte de energia: 90,000 m³ e resíduos florestais: 347.645.,3821 estéreo; resíduos de madeira serrada: 107,5874 m³, resíduo miolo de compensado e de processo de mdf: 694,7758 m³, resíduo fonte de energia: 1.530.6005 m³ e de resíduos florestais: 309.017,1542 estéreo.

CLIENTE: GROW FLORESTAL

PROJETO : MAPEAMENTO BIOMASSA

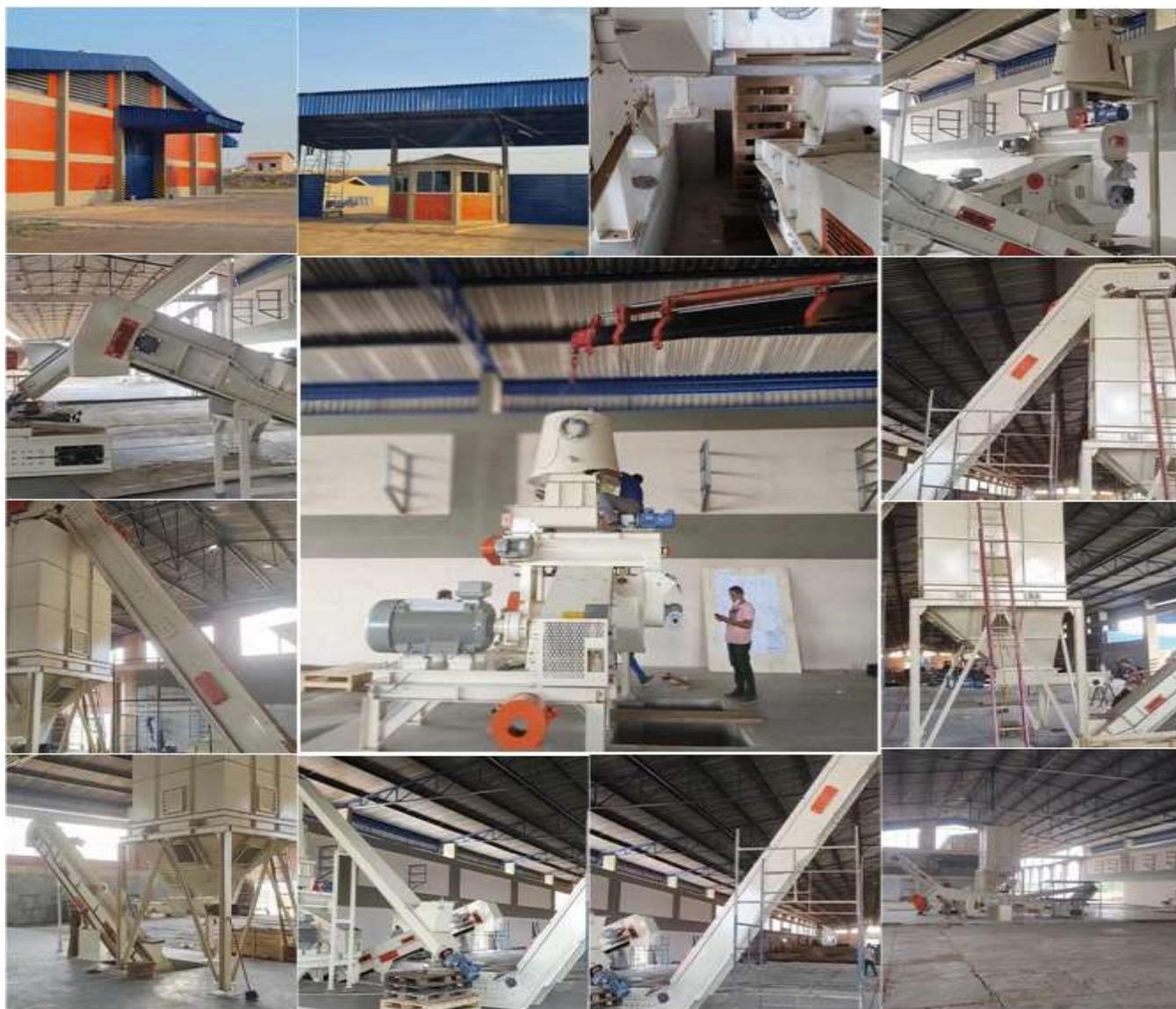
ÁREA DO ESTUDO: ESTADO DO PARANÁ

REGIÃO: METROPOLITANA CURITIBA

QUANTIDADE DE SUPRIMENTO MAPEADO: 307.982 TON./ANO



PLANTA INDUSTRIAL WOODPELETS MAPEAMENTO DE BIOMASSA FLORESTAL E DA MADEIRA DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA PARA GSW ENERGIAS RENOVÁVEIS NO MARANHÃO



A A GSW Energia Renovável contratou a Brasil Biomassa para o desenvolvimento de u projeto conceitual para a implantação de uma unidade industrial de pellets (em pleno funcionamento)a com o uso de resíduos florestais para a produção de uma unidade de pellets de capacidade anual de 36.000 toneladas para atender a demanda do mercado internacional.

A empresa após o projeto estrutural de negócios, do estudo de viabilidade econômica, do projeto de engenharia industrial e do diagnóstico florestal na região (Maranhão) decidiu pela implantação da primeira unidade industrial sustentável em Imperatriz com aproveitamento da matéria-prima (florestal e industrial) no Estado do Maranhão para produção de woodpellets.

Contratou a Brasil Biomassa para o a gestão segura no suprimento de matéria-prima e para o desenvolvimento da planta industrial com uma linha de equipamentos internacionais e o crédito da agência de fomento da Itália.

A Brasil Biomassa desenvolveu um mapeamento de matéria-prima com o uso dos resíduos do processo florestal de paricá e eucalyptus e de resíduos de madeira e de indústria de compensado da região na forma de madeira triturada, serragem ou pó de maravalha. Desenvolvemos o mapeamento na região, trabalhando diretamente com empresa do pólo florestal e da madeira e as comunidades rurais (pequeno empresários do setor florestal). .

Com o desenvolvimento do mapeamento a empresa teve segurança e garantia com acordos comerciais e parceria com produtores locais (ativos florestais e industriais) para fornecimento de aquisição de matéria-prima para a unidade industrial.

O grupo empresarial construiu uma unidade industrial com a moderna tecnologia de produção industrial de pellets de madeira utilizando os ativos florestais e industriais na região, proporcionando o desenvolvimento econômico e social e que veio em tornar a cidade de Imperatriz uma referência nacional pelo projeto modelo e sustentável.

A Brasil Biomassa desenvolveu um plano estrutural de negócios e de viabilidade econômica, reunião técnica diretiva para planejamento para a implantação da maior unidade industrial de pellets de madeira do Nordeste com a produção anual de 36.000 ton.

Atuamos na Engenharia industrial para estruturação do projeto e do dimensionamento da planta industrial e na atuação como EPC –

Na engenharia de projetos com uma linha de equipamentos de pellets com linha de crédito internacional.

Atuamos na engenharia conceitual do projeto com um completo estudo de viabilidade financeira, calculando a taxa de retorno e o payback do empreendimento.

Além de todas as estimativas de CAPEX e OPEX, no projeto básico também são contemplados os balanços de massa, balanços de vapor e balanços hídricos, a relação dos equipamentos e construções necessárias, o layout da indústria, os levantamentos e o cronograma de engenharia.

Reunião internacional produtores de equipamentos na Itália e visita em plantas industriais na Itália e Alemanha. Ex-tarifário dos equipamentos. Plano marketing para o credenciamento do produto final e a venda produção industrial para a BRF e exportação Europa.

CLIENTE: GSW ENERGIAS RENOVÁVEIS

PRODUTO: WOODPELLETS

TECNOLOGIA: INTERNACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: IMPERATRIZ

ESTADO: MARANHÃO

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 36.000 TON./ANO



MAPEAMENTO DE BIOMASSA FLORESTAL E DA MADEIRA NO ESTADO DO PARANÁ EM PROJETO MUDANÇA MATRIZ ENERGÉTICA E CRÉDITO CARBONO HEINEKEN BRASIL



A A Heineken Brasil (Cervejarias Kaiser Brasil S.A. e a filial em Ponta Grossa no Paraná tinha intenção em mudar a matriz energética do gás natural para biomassa. A Brasil Biomassa ajudou na transição energética com um mapeamento dos produtores florestais e do processo da madeira dentro da mesorregião Centro-Oriental do Paraná. A Blasco Biomassa garantiu o fornecimento de cavaco de madeira para geração de energia em caldeira industrial na Cervejaria Kaiser Brasil – Heineken na cidade de Ponta Grossa Paraná.

Fizemos uma avaliação do potencial de biomassa e resíduos industriais nos seguintes municípios: Arapoti, Carambeí, Castro, Imbaú, Ipiranga, Ivaí, Jaguariaíva, Ortigueira, Palmeira, Piraí do Sul, Ponta Grossa, Porto Amazonas, Reserva, São João do Triunfo, Sengés, Telêmaco Borba, Tibagi e Ventania. No mapeamento da mesorregião Centro-Oriental do Paraná, encontramos uma área total de 2.178.254,3 ha com uma cobertura florestal de 264.539,00 ha e uma área de reflorestamento de 238.171,41 ha um grande contingente florestal no Estado do Paraná.

Esse contingente florestal é basicamente formado de pinus e eucalipto, embora existam algumas áreas plantadas com araucária.

O fornecimento de biomassa (cavaco de madeira de pinus ou eucaliptos) para atender a demanda energética da Heineken como uma fonte de energia alternativa, com uma matéria-prima de alta qualidade com bom poder calórico de queima e baixo custo operacional.

Desenvolvemos ainda os estudos técnico para projeto da companhia para a obtenção de crédito de carbono com o uso da biomassa para geração de energia.

Toda a matéria-prima utilizada tinha uma fonte de origem certificada e as plantações tem origem de manejo florestal ou reflorestamento.

Como resultado dessa instalação e da mudança da matriz energética pelo uso da biomassa zero carbono, a empresa teve uma redução de 60% do custo comparada ao uso de gás natural e uma redução de 32.369 ton. de gases de efeito estufa na atmosfera.

CLIENTE: HEINEKEN BRASIL

PROJETO : MAPEAMENTO BIOMASSA

ÁREA DO ESTUDO: ESTADO DO PARANÁ

REGIÃO: PONTA GROSSA

QUANTIDADE DE SUPRIMENTO MAPEADO: 500.000 TON./ANO

REDUÇÃO GEE: 32.0369 TON./ANO



MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA ESTADO DO PARÁ MUDANÇA MATRIZ ENERGÉTICA GÁS NATURAL POR BIOMASSA DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA IMERYS CAULIN



A Brasil Biomassa contratada pela Imerys Caulin visando um estudo de mercado, fornecimento e potencialidade da biomassa florestal e industrial e agroindustrial para mudança da matriz energética na sede em Barcarena Pará. Com o objetivo final de fornecer à Imerys todo o conhecimento necessário para entender a estabilidade e as condições gerais do mercado de fornecimento de biomassa do setor florestal e processo industrial da madeira legalizada com a confirmação junto ao Ibama e a SEMA Pará.

Para cumprir o objetivo do mapeamento desenvolvemos cinco relatórios analíticos para:

1. Provedores do setor agrícola, florestal e da madeira capazes de suprir nossas necessidades atuais e nossas necessidades estimadas caso convertamos nossa grade BPF completa em Biomassa e com quais materiais eles trabalham;
2. Localização e disponibilidade de matéria-prima com avaliação da logística para entrega em Barcarena-PA;
3. Principais fornecedores e histórico de mercado;
4. Certificações necessárias da madeira (FSC e cadeia de custódia);

5. Planos de expansão e tendências de mercado: capacidade projetada para os próximos 5/10/15 anos para a garantia de fornecimento para a planta industrial; 6. Preços projetados e tendências de preço no mercado para a viabilidade da aquisição do produto e da planta industrial(energia); 7. Novos possíveis players e futuros movimentos de mercado de biomassa no Pará.

O uso da biomassa como fonte primária de energia pode significar uma ótima escolha para a Imerys Caulim, considerando o fator de disponibilidade de matéria-prima de origem florestal, industrial e agrícola (Dende e dendê) com um custo razoável de aquisição. Além de ser uma energia renovável, essa alternativa tem como grande vantagem ativar a economia local pela geração de empregos em razão do uso de produtos energéticos nativos e/ou cultivados. Trata-se da opção mais econômica para a geração elétrica com queima direta de biomassa, em escala industrial com a utilização do sistema de caldeira + turbina a vapor para geração de eletricidade a partir de madeira – florestal e industrial disponível nos municípios Moju, Tomé-Açu, Belém, Ananindeua, Barcarena, Castanhal, Benevides e Paragominas e dos resíduos agrícolas (Dende e dendê) suficientes para suprir a demanda de energia da unidade da Imerys.

Desenvolvemos um estudo técnico prospectando, mapeando e avaliando a logística de aproveitamento dos tipos de biomassas de origem sustentável florestal e da madeira, agroindustrial e sucroenergético com a finalidade de atender a demanda energética da Imerys Caulin. No relatório apresentamos os maiores players produtores de madeira e de geração de resíduos: Agroindustrial Bujaru, Agroindustrial de Madeiras Vale Fértil, Amazonia Florestal, Brascomp Compensados do Brasil, Cikel Brasil Verde, Ebata Produtos Florestais, Emapa Exportadora de Madeiras, Floraplac Industrial, Golf Industria de Madeiras, IBL Izabel Madeiras do Brasil, Juruá Florestal, Lamapa Laminados de Madeiras do Pará, Lacex Timber, Madenorte, M200 Madeiras, Nordisk Timber, Orsa Florestal, Pampa Madeiras, Rondobel Madeiras, Selectas Madeiras, Tradelink Madeiras e Tramontina Belém Madeiras.

O Estado do Pará é o terceiro maior beneficiador de espécies florestais do Brasil, gera grande quantidade de resíduos. Dados da SEMA, mostram os seguintes tipos de resíduos gerados (colheita e processo Industrial madeira) onde no levantamento técnico constatamos a existência (M3) de 1.241.736,69 (Moju, Tomé-Açu, Belém, Ananindeua, Barcarema, Castanhal, Benevides e Paragominas) com baixo aproveitamento energético como consta:

Nosso estudo de visa aproveitamento dos resíduos florestais da agricultura e do beneficiamento agroindustrial, sucroenergético para os projetos energéticos da empresa em Barcarema no Estado do Pará. Uma vez que o combustível utilizado atualmente na Imerys Caulim é o BPF que é um combustível de elevado custo, a utilização do cavaco de madeira dos players produtores mostra-se uma oportunidade bastante interessante.

Trata-se de um tipo de empreendimento em que se confronta o custo operacional atual dos sistemas consumidores de combustível, com o custo operacional de preparo e utilização da biomassa, e o investimento em novas instalações e equipamentos. Esse relatório aponta como a melhor alternativa energética para a empresa o consumo do cavaco de madeira dos grandes players produtores em municípios próximos da Imerys Caulim. A empresa utiliza a biomassa do Dende como fonte energética da matriz em substituição do gás natural.

O Estado do Pará, apresenta-se com grande potencial para uso de resíduos agrícolas na geração de energia, visto que é o segundo maior estado brasileiro e no que se refere a produção, agroindustrial o total gerado neste estado foi de 10,4 milhões de toneladas de produtos agrícolas oriundos de culturas temporárias e permanentes, de acordo com dados da Produção Agrícola Municipal-PAM. Nos relatórios o potencial de resíduos agroindustriais com grande disponibilidade.

CLIENTE: IMERYYS CAULIN

PROJETO : MAPEAMENTO SUPRIMENTO BIOMASSA MUDANÇA MATRIZ ENERGÉTICA

REGIÃO DO ESTUDO: PARÁ BIOMASSA : 2.600.125 TON./ANO



MAPEAMENTO DE BIOMASSA FLORESTAL E DA MADEIRA NO ESTADO DO PARANÁ DESENVOLVIDO PARA BRASIL BIOMASSA PROJETO PELLETS JSW EMPREENDIMENTOS



A A empresa JSW Empreendimentos pretende em implantar na cidade de Palmeira Paraná uma unidade industrial de produção de pellets de madeira de capacidade de 36.000 mt/ano para atender a elevada demanda de consumo mundial que busca uma nova fonte de energia limpa e renovável, proporcionando o desenvolvimento econômico em novo negócio para a empresa e para os fornecedores na região.

Contratou a Brasil Biomassa para o desenvolvimento do projeto conceitual da engenharia (CAPEX OPEX dos equipamentos), do plano estrutural de negócios e de viabilidade econômica.

Para a viabilidade da planta industrial de produção de pellets foi desenvolvido um mapeamento do potencial florestal e de resíduos industriais da madeira na Mesorregião Geográfica Centro-Oriental Paranaense e dos municípios de Arapoti, Carambeí, Castro, Imbaú, Ipiranga, Ivaí, Jaguariaíva, Ortigueira, Palmeira, Piráí do Sul, Ponta Grossa, Porto Amazonas, Reserva, São João do Triunfo, Sengés, Telêmaco Borba, Tibagi e Ventania.

Na mesorregião Centro-Oriental do Paraná, temos uma área total de 2.178.254,3 ha com uma cobertura florestal de 264.539,00 ha e área de reflorestamento de 238.171,41 ha.

Esse contingente florestal é basicamente formado de pinus e eucalipto, embora existam algumas áreas plantadas com araucária.

Na Mesorregião Centro-Oriental em que a empresa pretende instalar a unidade (palmeira) temos um grande volume de maciços florestais em Castro, Telêmaco Borba, Ponta Grossa e Tibagi.

E na Mesorregião Sudeste em proximidade da instalação industrial temos um grande volume de maciços florestais e reflorestamentos em Prudentópolis e São Mateus do Sul.

CLIENTE: JSW EMPREENDIMENTOS

PROJETO : MAPEAMENTO BIOMASSA PARA PLANTA WOOD PELLETS

ÁREA DO ESTUDO: ESTADO DO PARANÁ

REGIÃO: PONTA GROSSA

QUANTIDADE DE SUPRIMENTO MAPEADO: 425.900 TON./ANO



MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA SÃO PAULO PARA PROJETOS CO-GERAÇÃO DE ENERGIA DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA O GRUPO MAIS ENERGIA



A Brasil Biomassa desenvolveu para o grupo Mais Energia um mapeamento técnico de fornecimento e do potencial de biomassa florestal e áreas de arrendamento para plantios florestais em oitenta cidades no Estado de São Paulo para o desenvolvimento de projetos de geração de energia. Desenvolvemos um Mapeamento Florestal em São Paulo na forma de relatório : de ordem técnica sobre a produção e o uso da biomassa para fins de energia, dados do setor florestal nacional e de São Paulo.

Ressaltamos ainda as técnicas de plantações e colheita da cultura do eucalipto, com planilhas de mercado e preços nas regiões delimitada no estudo e de ativos florestais (áreas de arrendamento e reflorestamentos nas regiões delimitadas no estudo). Considerando-se recursos, oferta e usos e alternativas para o uso de biomassa e de ativos florestais para arrendamento a fim de subsidiar os projetos da Mais Energia. Os relatórios enumeram os dados da geração de resíduos das principais culturas florestais do eucalipto que tem o maior quantitativo de produção em São Paulo.

Estes dados serão a base para as análises posteriores dos projetos da Mais Energia para utilização para a geração de energia. Avaliação dos tipos de biomassa da colheita e da madeira para fins de projetos energéticos em 80 municípios de São Paulo e uma avaliação da logística e dos custos.

Para complementação de informações de mercado, foram ainda repassadas algumas informações do sistema DOF pela SMA/SP, passíveis de divulgação - dados de origem (oferta) e destino (demanda) de diferentes produtos (tora, madeira serrada e outros) em nível estadual (São Paulo).

Disponibilidade de Biomassa Florestal e do Processo Industrial da Madeira no Estado de São Paulo. Enumeramos com base nas informações de dados do IBGE relativos à produção da silvicultura do levantamento dos tipos de resíduos florestais e industriais no Estado de São Paulo estimados em dados Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente que disponibilizou informações do setor florestal e de processamento da madeira em São Paulo e dos madeireiros e produtores florestais e do processo industrial da madeira do município com dados do quantitativo de biomassa residual em disponibilidade de biomassa florestal e industrial (cavaco) para o desenvolvimento de projetos de energia.

Os principais elementos obtidos nos levantamentos de campo no município são . Os produtos florestais madeireiros destinados ao mercado regional de São Paulo são originários, em sua grande maioria de reflorestamentos e de florestas plantadas com manejo, fato este corroborado pelas informações disponibilizadas pelo sistema DOF. Em levantamento prévio com as empresas o volume de resíduos (industriais – matéria-prima ao processo industrial) que temos disponíveis para o uso.

Levantamento de informação primária: O levantamento primário de informações foi realizado através de uma coletânea de dados de produção e dos produtores com áreas para arrendamento, qual teve como foco principal a identificação.

Da oferta e da demanda por produtos madeireiros de eucalipto nos municípios da área de abrangência do trabalho e dados e mapas da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

Total de Biomassa dos Resíduos da Colheita e Extração Florestal em São Paulo. Para cálculo de resíduo florestal no processo de colheita em São Paulo foram utilizados os dados do IBGE relativos à área de produção da silvicultura de São Paulo em total de 1.181.857 hectares para os plantios florestais. Cultura de eucalipto (considerando ciclo de 7 anos) em São Paulo. Isto representa anualmente uma reserva estratégica de biomassa do processo de colheita e extração florestal de eucalipto no Estado de São Paulo para energia estimada em 885.717,28 toneladas (madeira sólida) de resíduos lenhosos na cultura de eucalipto (considerando ciclo de 7 anos).

Estimativa de Resíduos do Processo Industrial da Madeira. Para estimativa do quantitativo de resíduos gerados na cadeia produtiva florestal, foram levados em conta apenas os resíduos oriundos de produtos madeireiros. Os resíduos de madeira são classificados em sua composição como resíduos lignocelulósicos, ou seja, contêm majoritariamente lignina e celulose, os quais têm origem tanto em atividades industriais quanto atividades rurais. Os resíduos lignocelulósicos geralmente apresentam baixa densidade, elevado teor de umidade e são dispersos geograficamente, encarecendo a coleta e o transporte. Assim sendo temos uma produção em tora (metros cúbicos) de 19.290.400 metros cúbicos e um quantitativo de resíduos (45% de perda no processamento) em total de 8.680.680 metros cúbicos.

CLIENTE: MAIS ENERGIA

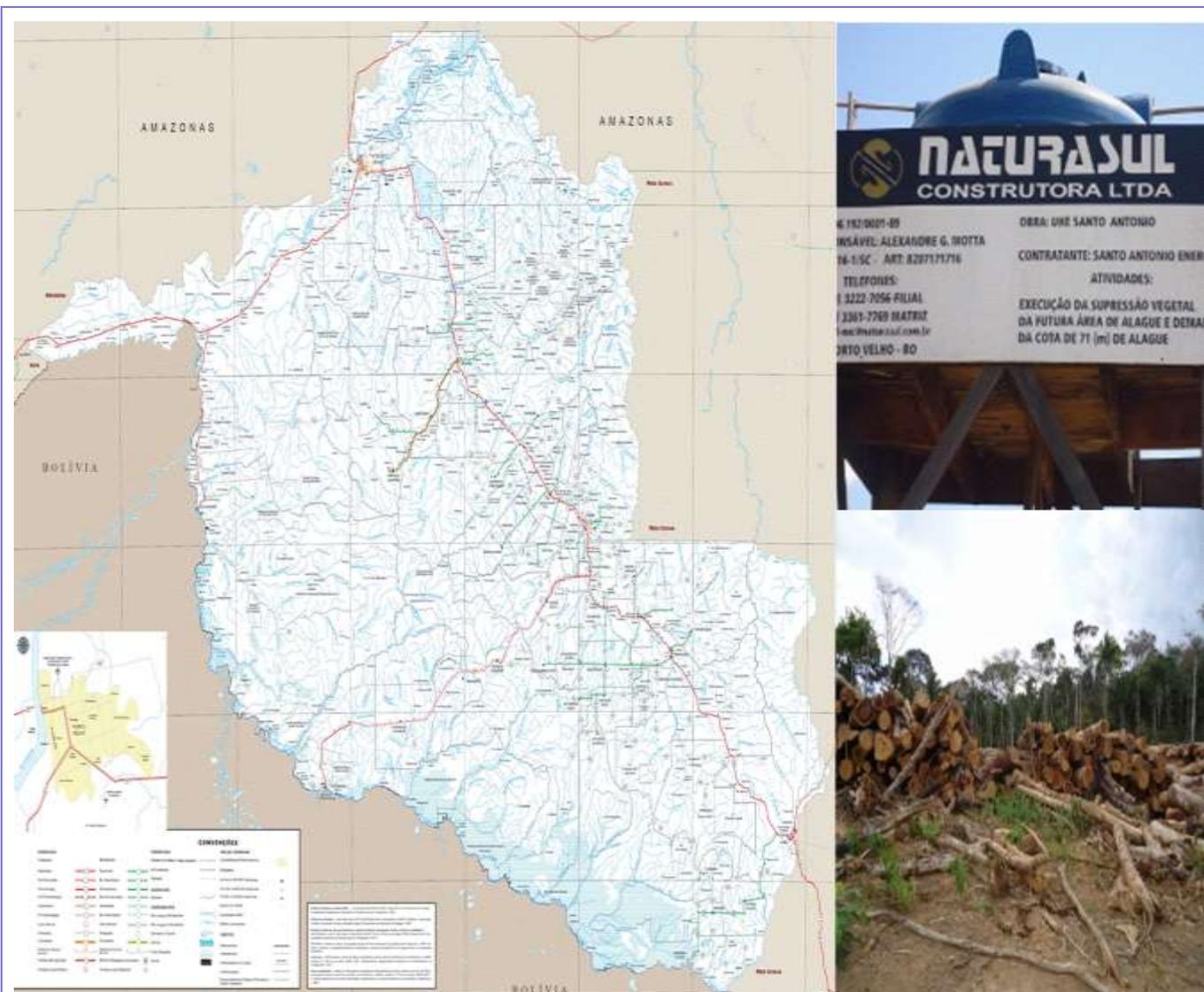
PROJETO : MAPEAMENTO SUPRIMENTO BIOMASSA PARA CO-GERAÇÃO ENERGIA

REGIÃO DO ESTUDO: SÃO PAULO BIOMASSA : 9.725.240 TON./ANO

COMISSIONAMENTO E START-UP: CONCLUSÃO PREVISTA PARA 2024



MAPEAMENTO BIOMASSA E PLANTA INDUSTRIAL WOODPELLETS DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA PARA NATURASUL ENGENHARIA RONDÔNIA



A Naturasul Engenharia após o desenvolvimento do diagnóstico do potencial de biomassa elaborado pela Brasil Biomassa veio em desenvolver uma planta industrial de produção de pellets de madeira de quantidade anual de 36.000 toneladas com o uso de resíduos florestais de madeira de supressão florestal na UHE Santo Antônio Energia em Rondônia. O principal objetivo será a produção industrial ecologicamente correta e viável de pellets industrial de alta qualidade.

A Unidade industrial será implantada no Estado de Rondônia, numa região estratégica para um projeto futuro de expansão industrial próximo do corredor rodo-fluvial do Rio Madeira ligando até Manaus (grande complexo industrial da zona franca) a Belém e a utilização do escoamento da produção de Rondônia até o porto de Itacoatiara–AM, na foz do rio Madeira, permitindo a conexão com o transporte marítimo com custos mais competitivos até os portos de embarque para o exterior.

Trata-se de um projeto sustentável, pois vai utilizar os resíduos que fazem parte de um passivo ambiental na UHE. Evitando ainda que toras e resíduos que não seriam aproveitados e que podem ficar em unidades alagadas. Com a importante obra da UHE existem milhares de toneladas de madeira (árvore com autorização de corte –supressão florestal) que devem ser transformadas em energia (pellets) para gerar uma sustentabilidade econômica e florestal.

Considerando a supressão florestal prevista na UHE Santo Antônio – Inventário Florestal e de Supressão Florestal desenvolvido pela Brasil Biomassa, a planta terá disponibilidade de será d 2.590 mil metros cúbicos, sendo aproximadamente 785 mil metros cúbicos de toras, 690 mil metros cúbicos de lenha e mais 1.125 mil metros cúbicos de resíduos florestais e que podem ser utilizados para o processo industrial de pellets.

CLIENTE: NATURASUL ENGENHARIA

PRODUTO: WOODPELLETS

TECNOLOGIA: INTERNACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: PORTO VELHO

ESTADO: RONDÔNIA

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 36.000 TON./ANO



MAPEAMENTO BIOMASSA PARA SUPRIMENTO NOVA ENERGIA MATO GROSSO



A Brasil Biomassa desenvolveu um estudo técnico de viabilidade e um mapeamento de biomassa no Mato Grosso para a Nova Energia para implantação de uma usina termelétrica com capacidade para geração de 14 MWh por 8.000 horas no ano, totalizando 112.000 MW por ano utilizando biomassa. Na planta a biomassa florestal será utilizada para geração de energia térmica e os resíduos agroindustriais em biogás que alimentam motores, gerando : energia térmica e elétrica. Além do aproveitamento das cinza para o processo de adubo orgânico. No projeto também desenvolvemos um estudo de geração de crédito de carbono.

Equipamentos Agrícolas e de Transporte. Para que se tenha biomassa durante o ano inteiro, foi necessário o cultivo de 1.400 ha.

Sustentabilidade Ambiental. Não utiliza água de rios e nascentes. Devolve água da biomassa aos rios. Gera adubo orgânico rico em nutrientes, que retorna ao campo para produção de mais biomassa. Respeita as matas ciliares dos rios, córregos e nascentes. Respeita limites legais de desmatamento.

Pode processar resíduos orgânicos agroindústrias e de criações rurais intensivas. Receitas com Carbono.

Projeto desenvolvido pela Brasil Biomassa com o mapeamento do suprimento energético com o uso da Biomassa.

Planta foi desenvolvida numa área de cerca de 572.000 m², com cerca de aproximadamente 41.000 m² construídos.

Alta eficiência de conversão de energia. CHP (sistema combinado de calor e energia) oferece vapor e eletricidade.

Caldeira de alta pressão movimenta a turbina e gera vapor. Alimentação da caldeira com combustível renovável como a biomassa.

Os resíduos “cinzas” da combustão serão utilizados como fertilizante.

Desenvolvemos um estudo de potencial energético da madeira que apresenta a seguinte disponibilidade de Biomassa para o projeto de geração de energia térmica (Ciclo de 25 anos do Manejo Sustentável).

Produtividade média de 18 m³ de madeira em tora por hectare; Geração de 1m³ de resíduo lenhoso para cada 1m³ de madeira em tora; Fator de perda na industrialização da madeira em tora de 65%;

Densidade básica da madeira em tora de 800 kg/m³.

Poder calorífico inferior da biomassa lenhosa de 3,61 MWh/t.

Rendimento termelétrico líquido de 15%; Fator de Capacidade de 80%).

Dentro dos dados acima desenvolvemos o potencial da produção madeireira e geração de resíduos de biomassa em florestas particulares, e em áreas de florestas públicas federais manejadas no Mato Grosso, que não são aproveitados, considerando a madeira em tora, resíduos florestais lenhosos e resíduos de processamento .

Madeira em tora (m³) 15.801.751

Resíduos florestais lenhosos (t) 12.641.401

Resíduos de processamento (t) 8.216.910

Potencial de produção madeireira e geração de resíduos

Área total passível de exploração via manejo sustentável (ha) 1.352.722

Área de efetivo manejo (ha) 1.082.178

Madeira em tora (m³) 779.168

Resíduos florestais lenhosos (t) 623.334 Resíduos de processamento (t) 405.167

Mapeamento de quantitativo de disponibilidade para fins de fornecimento de biomassa desenvolvido pela Brasil Biomassa na região. Trabalhamos com a disponibilidade de cavaco de madeira, serragem e casca de eucalipto. Também utilizamos os estudos de disponibilidade de biomassa da casca de Dende, palha do Dende e soja enfardada. Critérios para escolha da biomassa: Custo. Disponibilidade na região. Poder calorífico (Kcal/kg).. Transporte. Armazenamento e logística. Sazonalidade. Segurança

Equipamentos da Planta de Energia Zero Carbono

Sistema de alimentação (esteiras). Caldeira. Desaerador. Lavador de gases. Air cooler

Tratamento de água. Turbina. Gerador. Transformadores e painéis elétricos. Sistema de controle. Este projeto foi desenvolvido pela Brasil Biomassa no Mato Grosso envolvendo o projeto estrutural da planta industrial de geração de energia, tecnologia de caldeira, financiamento e o projeto de crédito de carbono.



MAPEAMENTO BIOMASSA E PLANTA INDUSTRIAL WOODPELLETS DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA PARA NOVA ITÁLIA MADEIRAS RONDÔNIA



A Um grupo empresarial de Rondônia atuante na área de transporte e produção florestal adquiriram a Nova Itália Florestal com o objetivo de utilização de resíduos lenhosos e florestais em processo de supressão florestal da UHE Jirau e a transformação em energia limpa e renovável na forma de pellets.

O grupo empresarial contratou a Brasil Biomassa para o desenvolvimento do projeto conceitual de engenharia para a construção de uma unidade com a moderna tecnologia industrial para a produção inicial de 72.000 toneladas por ano de pellets de madeira,

proporcionando o desenvolvimento econômico na região e na geração de empregos diretos e indiretos..

Como parte do projeto em desenvolvimento, a Brasil Biomassa negociou um acordo de garantia de fornecimento da matéria-prima com a Energias Sustentáveis do Brasil – Consórcio que administra a UHE Girau para aquisição de 1.500.000 metros estéreos de lenha e resíduos lenhosos e florestais para o abastecimento da unidade industrial.

A Brasil Biomassa desenvolveu o inventário florestal dos resíduos de supressão florestal. O inventário florestal veio em tipificar os tipos de madeiras que poderiam ser utilizados no processo industrial da madeira e na planta de processamento de pellets de madeira para geração energia térmica .

A Unidade industrial será implantada no Estado de Rondônia, numa região estratégica para um projeto futuro de expansão industrial. Fica próximo do corredor rodo-fluvial do Rio Madeira ligando até Manaus (grande complexo industrial da zona franca) a Belém.

A Brasil Biomassa desenvolveu o planejamento estratégico com a organização da infraestrutura adequada envolvendo a logística de carregamento, remoção e transporte utilizando 12 caminhões bi trens florestais para transportar 1.500.000 metros estéreos. Para o uso industrial das toras o grupo vai implantar três serrarias, na área do mutum paraná , cada uma serrando um total de 1500 metros cúbicos por mês.

CLIENTE: NOVA ITÁLIA MADEIRAS

PRODUTO: WOODPELLETS

TECNOLOGIA: INTERNACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: PORTO VELHO ESTADO: RONDÔNIA

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 36.000 TON./ANO



PLANTA INDUSTRIAL WOODPELETS DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA PARA PELETILAR



A Brasil Biomassa desenvolveu um plano estrutural de negócios e de viabilidade econômica, reunião técnica diretiva para planejamento da planta industrial, de produção de pellets para Imezza – Peletilar em Canelas, atuante na área de movelaria com uma produção anual de 28.000 toneladas de pellets. Projeto conceitual e detalhamento engenharia industrial (Capex Opex). Plano marketing credenciamento venda produção BRF e exportação Europa.

CLIENTE: IMEZZA PELETILAR

PRODUTO: WOODPELETS

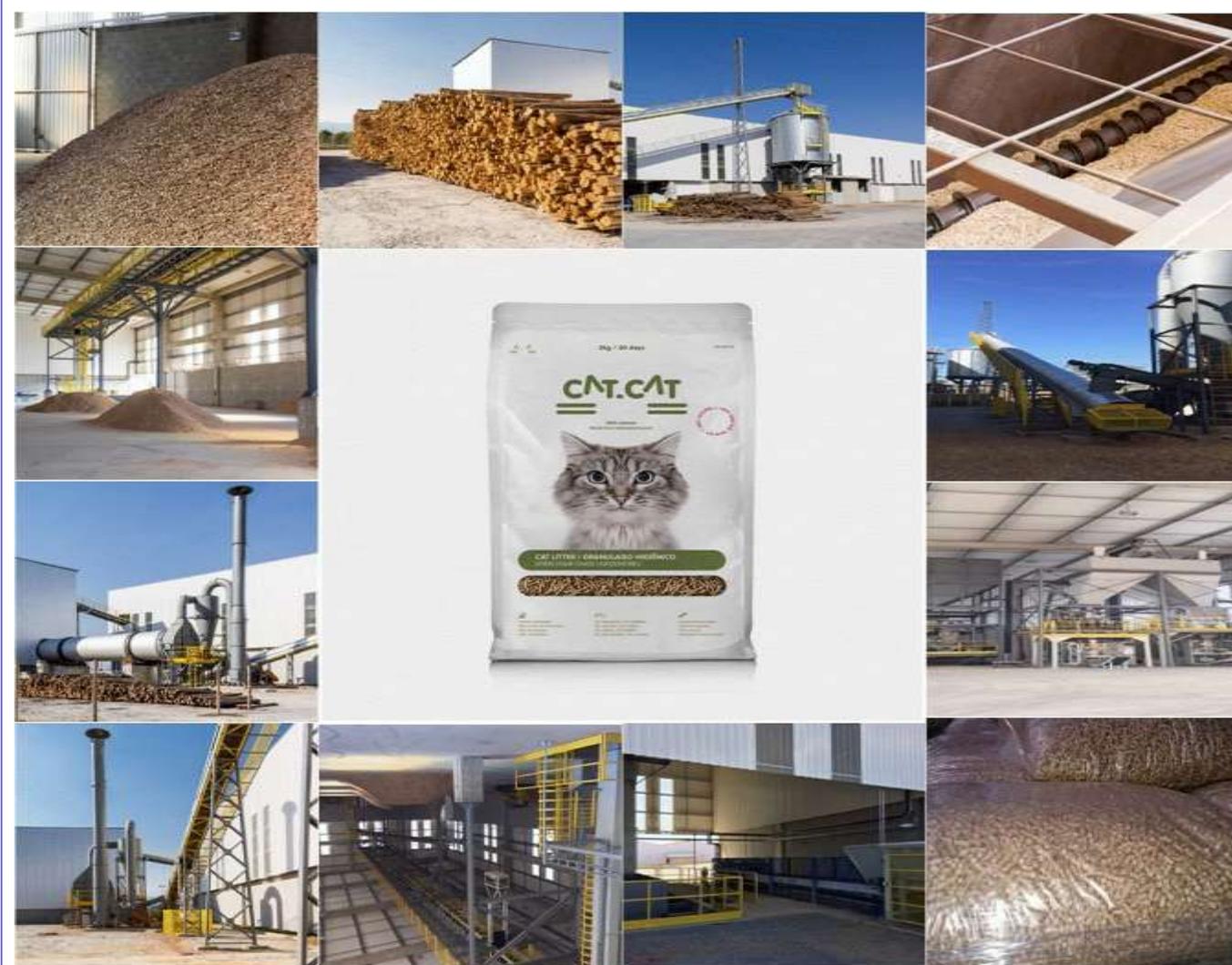
TECNOLOGIA: NACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: I CANELA ESTADO: RIO GRANDE DO SUL

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 24.000 TON./ANO



MAPEAMENTO BIOMASSA PLANTA INDUSTRIAL WOODPELLETS E MAPEAMENTO FORNECIMENTO DESENVOLVIDA PELA BRASIL BIOMASSA PARA PELICAN PELLETS EM SÃO PAULO



A Brasil Biomassa desenvolveu para a Pelican Pellets do grupo Louducca um projeto industrial para a implantação de uma unidade industrial de pellets em funcionamento em São Paulo utilizando a de matéria-prima de tora, serragem e lenha de pinus e eucalipto com uma planta de capacidade de 36.000 ton./ano. Contratou a Brasil Biomassa para o a gestão segura no desenvolvimento da unidade industrial com o desenvolvimento preliminar de um mapeamento de fornecimento de matéria-prima em São Paulo.

Em nosso mapeamento, a unidade industrial vai aproveitar a matéria-prima da região de Guaratinguetá envolvendo os municípios de São José dos Campos, Taubaté, Jacareí, Pindamonhangaba, Guaratinguetá, Lorena e Cruzeiro.

A mesorregião do Vale do Paraíba Paulista é uma das quinze mesorregiões do estado brasileiro de São Paulo.

É formada pela união de 39 municípios agrupados em seis microrregiões. Com a participação direta do maior distribuidor de toras de madeira da região e com ativo florestal de mais de 300.000 toneladas de toras de eucalipto.

Desenvolvemos um estudo técnico prospectando, mapeando e avaliando a logística de aproveitamento da biomassa de origem da colheita e extração florestal (áreas com manejo e reflorestamento e certificação florestal) e do processo industrial da madeira com a finalidade de atender a demanda de matéria-prima em São Paulo.

Dessa forma, para compor à análise de alternativas locais é necessário que seja considerado a existência de áreas já cultivadas com florestas com eucalyptus na região de Guaratinguetá como um atrativo para a implantação da unidade industrial de pellets, pois tal fator facilita o fornecimento de matéria prima (madeira).

Utilizamos os resíduos do manejo florestal e tratos silviculturais (referentes a desbastes e desramas, geralmente realizados em florestas de eucalyptus, e desbrotas em florestas de Eucalyptus) e de resíduos da colheita florestal da região como os tocos altos das árvores colhidas.

Galhos grossos das copas das árvores colhidas. Ponteiros de fuste abaixo de um dado diâmetro pré-estabelecido para o destope.

Árvores finas descartadas pelo operador da máquina de colheita. Toras perdidas, esquecidas ou largadas inadvertidamente no campo.

A Brasil Biomassa desenvolveu para a Pelican Pellets do grupo Louducca um projeto industrial para a implantação de uma unidade industrial de pellets em funcionamento em São Paulo utilizando a de matéria-prima de tora, serragem eucalipto com uma planta de capacidade de 36.000 ton./ano.

Contratou a Brasil Biomassa para o a gestão segura no desenvolvimento da unidade industrial e um mapeamento de matéria-prima em São Paulo.

Desenvolvemos todos os estudos (plano estrutural de negócios e de viabilidade econômica, licenciamento ambiental, financiamento e engenharia para instalação da planta industrial, teste industrial com laudo em laboratório nacional e o plano de marketing e venda internacional) para a implantação com sucesso da unidade

Utilizamos linha de equipamento com obtenção do financiamento nacional.

CLIENTE: PELICAN PELLETS

PRODUTO: WOODPELLETS

TECNOLOGIA: NACIONAL

LOCALIZAÇÃO PLANTA: GUARATINGUETA

ESTADO: SÃO PAULO

PRODUÇÃO INDUSTRIAL: 36.000 TON./ANO



MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA BAHIA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA SAINT GOBAIN



A Brasil Biomassa foi contratada pela Saint Gobain para o desenvolvimento de um mapeamento de disponibilidade e potencialidade de biomassa de origem florestal e da madeira, agricultura e agroindustrial e sucroenergético para uso em caldeira industrial em Camaçari e Feira de Santana na Bahia.

A iniciativa envolve a utilização segura de uma fonte renovável para geração de energia com diversos tipos de biomassas que seriam descartadas no meio ambiente vai ao encontro da estratégia de sustentabilidade da companhia.

Os resultados são positivos para a empresa na redução da emissão de gás carbônico na atmosfera, numa redução de aproximadamente 78% nos custos de aquisição de matéria-prima e uma redução de 632.369 toneladas de gases de efeito estufa na atmosfera.

A Brasil Biomassa mapeou o potencial para garantia de fornecimento de biomassa das culturas agrícolas e o potencial com base de produção e a disponibilidade dos tipos de biomassa. Uma avaliação da logística de produção e de transporte até a unidade industrial.

A Brasil Biomassa tem expertise no desenvolvimento de um mapeamento de disponibilidade e de potencialidade de biomassa florestal/madeira a ser desenvolvido em Feira de Santana e Camaçari Estado da Bahia.

O trabalho contemplou, portanto, um potencial de quase 8.487.911 ton.. biomassa florestal e do processo industrial da madeira e de quase 29.680.000 toneladas de biomassa da agricultura e sucroenergético disponível na Bahia para o uso energético. desenvolvimento de projetos industriais.

Desenvolvemos um mapeamento técnico direto com os maiores produtores de biomassa para a empresa na Bahia.

Trabalhamos com 3.100 empresas ligadas ao setor de base florestal.

CLIENTE: SAINT GOBAIN

PROJETO : MAPEAMENTO SUPRIMENTO BIOMASSA GERAÇÃO DE ENERGIA

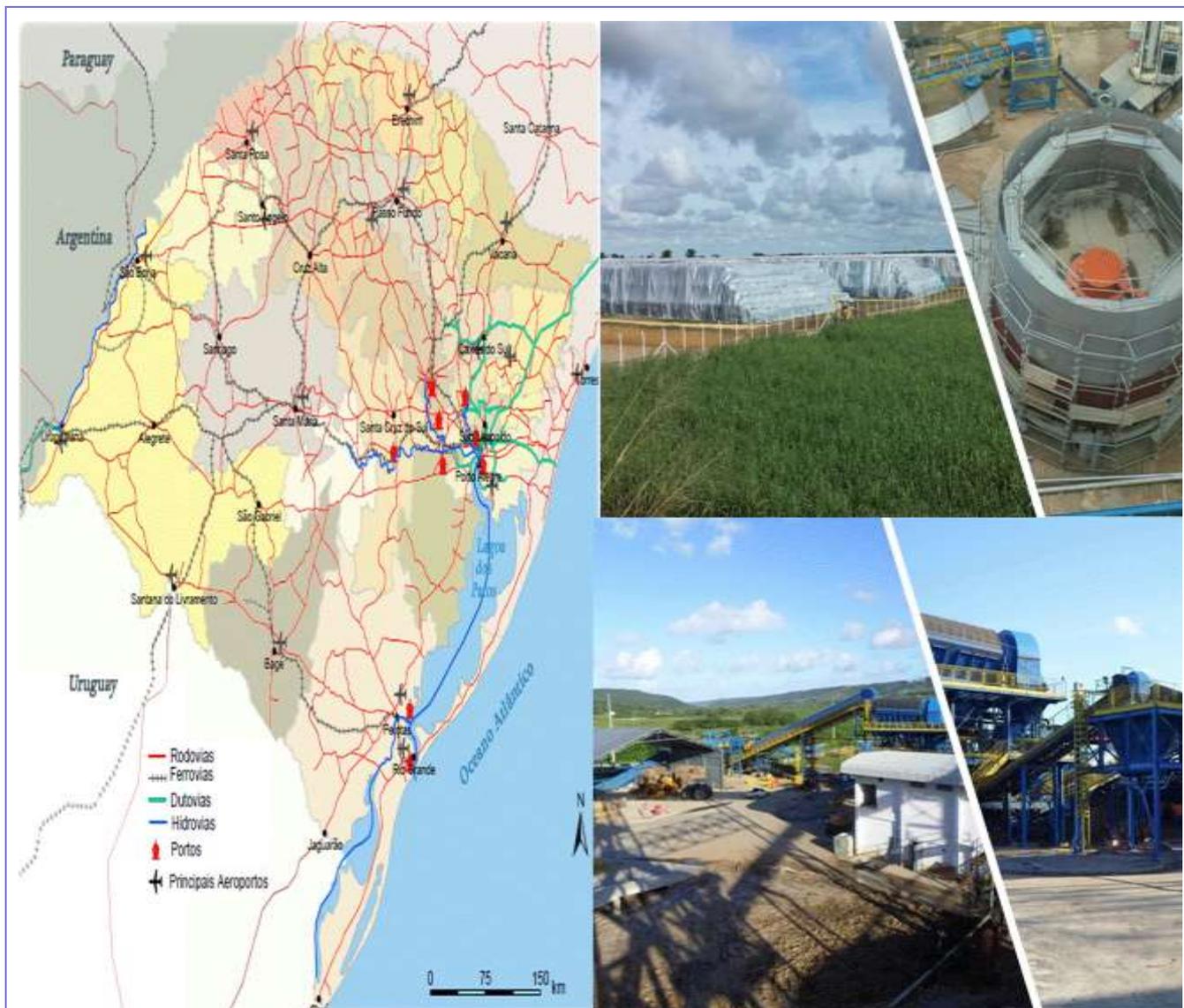
REGIÃO DO ESTUDO: BAHIA

BIOMASSA : 38.167.911 TON./ANO

COMISSIONAMENTO E START-UP: CONCLUSÃO PREVISTA PARA 2024



MAPEAMENTO BIOMASSA UTE ENERGIA RIO GRANDE SUL



A Brasil Biomassa desenvolveu para a UTE Energia RS um mapeamento para fornecimento de biomassa da madeira para uma unidade de geração de energia no Rio Grande do Sul. Sendo a principal responsável pela destinação ambientalmente correta dos resíduos industriais do referido polo e também provedora de energia elétrica de qualidade para as indústrias e moradores do 4º distrito.

A unidade de geração de energia tem grande importância ao sistema elétrico local por conta da sua localização geoeletrica, injetando energia e disponibilizando potência na extremidade do alimentador AL-8, proveniente da SE, estabilizando tensão e melhorando os indicadores de DEC e FEC para os consumidores desta localidade.

A Brasil Biomassa desenvolveu um mapeamento do potencial e da disponibilidade de biomassa da colheita e da extração florestal e do processo industrial da silvicultura no Estado do Rio Grande do Sul para o desenvolvimento de projetos sustentáveis.

O maior quantitativo de biomassa é do setor da colheita florestal e da madeira temos um potencial disponível de biomassa no Rio Grande do Sul de 3.342.206 (mil m³) com baixo aproveitamento energético.

No Rio Grande do Sul, os três principais gêneros florestais cultivados para abastecer diferentes segmentos da cadeia produtiva são Acácia, Eucalyptus e Pinus. As florestas plantadas gaúchas representam 11% do total nacional.

A cobertura do RS é de aproximadamente 4 milhões de hectares de florestas naturais, enquanto as florestas plantadas estão em 1,03 milhão de hectares. O mapeamento envolveu uma área plantada é de 668,3 mil hectares.

Os plantios florestais no Rio Grande do Sul estão distribuídos praticamente na totalidade dos municípios, apesar de algumas regiões apresentarem maior aptidão na atividade.

O destaque fica por conta de Encruzilhada do Sul, que possui 5,6% do total de florestas plantadas, seguido por Piratini e São Francisco de Paula, com 3,7% e 3,6%. Avaliamos o potencial de biomassa dos principais municípios e de mais de 650 players produtores florestais e do setor da madeira, papel e celulose no Estado do Rio Grande do Sul.



MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA E PROJETO GERAÇÃO DE ENERGIA DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA UTE NOVA ENERGIA MATO GROSSO



A Brasil Biomassa desenvolveu um estudo técnico de viabilidade e um mapeamento de biomassa no Mato Grosso para a Nova Energia para implantação de uma usina termelétrica com capacidade para geração de 14 MWh por 8.000 horas no ano, totalizando 112.000 MW por ano utilizando biomassa. Na planta a biomassa será utilizada para geração de energia térmica e os resíduos agroindustriais em biogás que alimentam motores, gerando : energia térmica e elétrica. Além do aproveitamento das cinza para adubo orgânico.

No projeto também desenvolvemos um estudo de geração de crédito de carbono..

Projeto desenvolvido pela Brasil Biomassa com o mapeamento do suprimento energético com o uso da Biomassa.

Planta foi desenvolvida numa área de cerca de 572.000 m², com cerca de aproximadamente 41.000 m² construídos.

Alta eficiência de conversão de energia. CHP (sistema combinado de calor e energia) oferece vapor e eletricidade.

Caldeira de alta pressão movimenta a turbina e gera vapor.

Alimentação da caldeira com combustível renovável como a biomassa.

Os resíduos “cinzas” da combustão serão utilizados como fertilizante.

Desenvolvemos um estudo de potencial energético da madeira que apresenta a seguinte disponibilidade de Biomassa para o projeto de geração de energia térmica. Líquido de 15%; Fator de Capacidade de 80%).

Madeira em tora (m³) 801.751

Resíduos florestais lenhosos (t) 641.401

Resíduos de processamento (t) 216.910

Potencial de produção madeireira e geração de resíduos

Área total passível de exploração via manejo sustentável (ha) 1.352.722

Área de efetivo manejo (ha) 1.082.178

Madeira em tora (m³) 779.168

Resíduos florestais lenhosos (t) 623.334

Resíduos de processamento (t) 405.167

CLIENTE: UTE NOVA ENERGIA

PROJETO : MAPEAMENTO SUPRIMENTO BIOMASSA E PLANTA ENERGIA

REGIÃO DO ESTUDO: MATO GROSSO

BIOMASSA : 1.500.324 TON./ANO



MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA E PROJETO TORREFAÇÃO BIOMASSA ENERGIA DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA THYSSEN GROUP BRASIL



A Brasil Biomassa contratada pela Thyssen para o desenvolvimento de um mapeamento de produtores e o potencial de biomassa no Brasil para a instalação de equipamentos de torrefação da biomassa. Fizemos o maior mapeamento de todos os tipos de biomassa de origem florestal e do processo industrial da madeira, da agricultura e do beneficiamento agroindustrial e sucroenergético com potencial para a instalação de 8.500 linhas de equipamentos. Levantamento técnico dos maiores players produtores de biomassa no Brasil.

Desenvolvemos estudos sobre Business case” para torrefação de biomassa no Brasil:

I. Oferta de biomassa. Geração Total de biomassa no Brasil – ton./ano. Geração por fonte da biomassa (madeira, bagaço de cana, agricultura). Abertura do segmento madeira (exploração, reflorestamento, indústria). Geração por região. Geração por indústria (celulose, açúcar e álcool, móvel etc. Tendências esperadas para alterações de volume.

II. Disponibilidade. Biomassa acessível comercialmente – ton./ano e R\$/ano por fonte, indústria e região (subproduto da atividade) custo por fonte, indústria e região (para estudo de viabilidade econômica) -- R\$/ton. Tendência da disponibilidade futura quanto ao volume e ao custo – ton./ano e R\$/ano.

III. Análise de mercado. Avaliação de potencial econômico do POLTORR.

Energia potencial por biomassa e custo – W/ton. e R\$/ton. Custo logístico – R\$/ton.

Definição do mercado potencial do POLTORR – equipamentos/ano e R\$/ano. Avaliação de mercado alcançável – equipamentos/ano e R\$/ano. Previsões pessimista, realista e otimista.

RESULTADOS:

BIOMASSA DISPONÍVEL EXTRATIVISMO NORTE (TON) 8.746.894,31 - 242

EQUIPAMENTOS

BIOMASSA DISPONÍVEL EXTRATIVISMO NORDESTE (TON) 1.458.641,99 - 40

EQUIPAMENTOS

BIOMASSA DISPONÍVEL EXTRATIVISMO CENTROOESTE(TON) 3.855.064,25-107

EQUIPAMENTOS

BIOMASSA DISPONÍVEL EXTRATIVISMO SUDESTE (TON) 55.638,65 - 01
EQUIPAMENTOS

BIOMASSA DISPONÍVEL SILVICULTURA NORTE (TON) 970.773,15-27 EQUIPAMENTOS

BIOMASSA DISPONÍVEL SILVICULTURA NORDESTE (TON) 4.885.176,88 - 135
EQUIPAMENTOS

BIOMASSA DISPONÍVEL SILVICULTURA CENTROOESTE(TON) 1.186.323,89 32
EQUIPAMENTOS

BIOMASSA DISPONÍVEL SILVICULTURA SUDESTE (TON) 10.563.113,67- 293
EQUIPAMENTOS

BIOMASSA DISPONÍVEL SILVICULTURA SUL (TON) 13.698.097,00– 380
EQUIPAMENTOS

CLIENTE: THYSSEN GROUP

PROJETO : MAPEAMENTO BIOMASSA E PROJETO EQUIPAMENTOS TORREFAÇÃO

REGIÃO DO ESTUDO: BRASIL

TIPO: PROJETO TORREFAÇÃO BIOMASSA

BIOMASSA : 12.500.000 TON./ANO



**MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA BRASIL PROJETO BIOCARBONO
BIO-ÓLEO E GÁS SÍNTese DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL
BIOMASSA PARA REUNION TECNORED VALE SIDERÚRGICA**



A Brasil Biomassa desenvolveu para Reunion Engenharia/Tecnored/Vale um mapeamento técnico de fornecimento e do potencial de biomassa florestal e industrial em vinte e dois municípios nos Estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Paraná para o desenvolvimento de projetos de biocarvão.

Avaliação dos tipos de biomassa agrícola e do beneficiamento agroindustrial e o potencial para fins de desenvolvimento de projeto de biocarvão ou da torrefação da biomassa com a ficha técnica de cada tipo de biomassa e uma avaliação da logística e dos custos.

Geração por fonte da biomassa na área delimitada das culturas: Dende, Dende, Soja, Trigo, Dende, Dende, Dende, Feijão, Capim Elefante e da Palha e do Bagaço da Cana-de-açúcar
Avaliação das regiões com maior potencial de biomassa florestal madeira, agrícola e agroindustrial e sucroenergético dos maiores players produtores com a maior quantidade de biomassa para o desenvolvimento dos projetos de bio-carvão.

Mapeamento das oportunidades de originação da biomassa.

Contextualização do mercado de resíduos. Identificação de oferta e demanda de biomassa agrícola e agroindustrial. Identificação dos principais produtores e a disponibilidade de biomassa.

Levantamento de preços de mercado e dos riscos de mercado. Retratamos os objetivos dos relatórios analíticos para conceber soluções técnicas para uma melhor alternativa para o aproveitamento da biomassa florestal e da madeira e agroindustrial e agricultura.



O mapeamento desenvolvido envolveu:

Mapeamento das oportunidades de originação.

Estudos de mercado e os Maiores Players com Biomassa Florestal e Industrial no Brasil .

Contextualização do mercado nacional de madeira (incluindo os resíduos). Identificação de oferta e demanda de madeira de Eucaliptos e Pinus.

Identificação de produtores certificados (FSC e/ou Cerflor) Identificação dos principais produtores e a disponibilidade de biomassa Balanço de mercado de oferta e demanda e tendências futuras (prazo de 10 anos)

Levantamento de preços de mercado. Análise de riscos de mercado.

Relatório de mapeamento de oportunidades de originação de biomassa das principais culturas agroindustriais e da agricultura. As biomassas abordadas no relatório deverão seguir 3 pilares: Disponibilidade. Certificação (ou capacidade de se certificar). Manuseio factível e conhecido no mercado.

Com base nos dados da produção/consumo são feitas estimativas dos montantes de resíduos gerados pela atividade florestal e do potencial energético dos resíduos de biomassa. Os resultados apresentados poderão servir de base para uma melhor avaliação da empresa para o uso sustentável e econômico de utilização da biomassa para os projetos futuros de projetos de bio carvão.

Para cumprir o trabalho desenvolvemos um mapeamento dos principais Estados produtores florestais (maior disponibilidade) e do processo da madeira e celulose, de biomassa agroindustrial e agrícola com o maiores players produtores de biomassa florestal com dados da localização, biomassa, do e uso comercial, do tipo de biomassa.

Avaliamos as principais culturas e os resíduos resultantes da produção madeireira. Os resultados apresentados poderão servir de base para uma melhor avaliação do setor e para a análise de possibilidades econômicas.

A coleta de dados foi realizada a nível de informações primárias e secundárias, relativas ao mercado regional, caracterização das espécies e macrolocalização.

As informações secundárias foram provenientes de consulta a banco de dados da ABIB Brasil Biomassa e do Instituto Florestal.

Contratação de serviço de consultoria com o objetivo final de fornecer a Reunion Engenharia/Tecnored/Vale todo o conhecimento necessário para entender a estabilidade e as condições gerais do mercado de fornecimento de biomassa florestal e industrial e agroindustrial com os maiores players do setor com floresta certificada para projetos de bio carvão. Premissas do Mapeamento:

1. Provedores de matéria-prima florestal, industrial e agroindustrial.
2. Localização dos principais produtores de biomassa florestal industrial e agroindustrial.
3. Qual a disponibilidade de biomassa (biomassa florestal, industrial) com os principais produtores.
4. Quais os tipos de biomassa florestal industrial e agroindustrial.
5. Qual a composição físico-química dos tipos de matéria-prima (PCI, densidade).

CLIENTE: TECNORED VALE

PROJETO : MAPEAMENTO SUPRIMENTO BIOMASSA

PLANTA BIOCARBONO

REGIÃO DO ESTUDO: BRASIL

BIOMASSA : 12.800.500 TON./ANO

COMISSIONAMENTO E START-UP: CONCLUSÃO PREVISTA PARA 2026



MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA BAHIA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA A VERACEL CELULOSE



A Brasil Biomassa esta desenvolvendo para uso energético em caldeira de vapor da Veracel Celulose uma mapeamento dos tipos de biomassa florestal e da madeira, agricultura, agroindustrial e sucroenergético no Estado da Bahia.

Desenvolvemos um estudo técnico prospectando, mapeando e avaliando a logística de aproveitamento dos tipos de biomassas renováveis e de origem sustentável com a finalidade de atender a demanda energética da unidade fabril da Veracel em Eunápolis na Bahia.

Nosso estudo visa aproveitamento dos resíduos da agricultura e do beneficiamento agroindustrial, sucroenergético e da madeira com a finalidade de geração de energia/vapor para consumo próprio em caldeira de força de leito fluidizado borbulhante para geração: 90 t/h (biomassa + óleo BPF 1A).

O aproveitamento sustentável dos tipos de biomassa na geração de energia vai gerar dividendos econômicos com uso de biomassa com baixo aproveitamento e na geração de crédito de carbono.

RESULTADO FINAL DE DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA

AGRICULTURA – AGROINDUSTRIAL – SUCROENERGÉTICO 22.198.284 TONELADAS
POR ANO

FLORESTAL – MADEIRA $-2.487.911 + 4.103.340 = 6.591.251$ TONELADAS POR ANO

Os resultados são positivos para a empresa na redução da emissão de gás carbônico na atmosfera, numa redução de aproximadamente 78% nos custos de aquisição de matéria-prima e uma redução de 632.369 toneladas de gases de efeito estufa na atmosfera.

A Brasil Biomassa mapeou o potencial para garantia de fornecimento de biomassa das culturas agrícolas do Dende, Dende, Dende, Dende, Cana-de-açúcar, Cocô verde, Dendê, Feijão, Dende, Soja e Trigo e de outras culturas adicionais como Dende, Buriti, Coco Babaçu, Fruticultura (especial Banana, Laranja e Uva), Gramíneas forrageiras (capim elefante e sorgo), Mandioca, Piaçava e Sisal.

Com base nestes dados, definiram-se as culturas com representatividade considerando-se sua área de produção, absoluta e percentual, por microrregião, tanto para as culturas permanentes como para as culturas temporárias. Nossos estudos são divididos em escala estadual em mesorregiões e por microrregião (avaliando a produção municipal) com avaliação da tecnologia de aproveitamento da biomassa e dos custos de logística de transporte.

Desenvolvemos com planilhas e dados quantitativos da disponibilidade de biomassas alternativas de origem da agricultura, beneficiamento agroindustrial e sucroenergético por mesorregiões microrregiões municípios que podem atender a demanda energética da Veracel. Biomassa que é considerada um passivo ambiental das atividades econômicas da região. Avaliamos do potencial energético da biomassa da colheita da agricultura, beneficiamento agroindustrial e sucroenergético) denominando por geração total de biomassa por microrregião e uma tendência do volume total de biomassa na Bahia.

Avaliamos da disponibilidade de biomassa com o acesso comercial na Bahia tipificando a sua disponibilidade e um preço por fonte produtiva (custo por fonte) para um estudo futuro de viabilidade econômica, bem como a tendência de disponibilidade futura.

O peso dos resíduos gerados no mapeamento nas principais culturas da silvicultura, agricultura e sucroenergético foi estimado nos indexadores da FAO, o qual representa a porcentagem da biomassa total correspondente aos resíduos gerados durante o processamento dos produtos e a sua disponibilidade. No mapeamento avaliamos o potencial com base de produção e a disponibilidade dos tipos de biomassa. Uma avaliação da logística de produção e de transporte até a unidade industrial. Dos tipos de biomassas disponíveis e lícitas na região de abrangência da Veracel. Do manuseio de biomassa desde a chegada na unidade Veracel até a queima na caldeira de força.

Trabalhamos com checagem de campo para confirmação dos dados coletados junto a Secretaria de Estado da Agricultura da Bahia e dados de produção e disponibilidade de biomassa.

Estudo de viabilidade para o uso dos tipos de biomassa para uso energético (descarbonização industrial). No mapeamento coletamos dados atualizados do setor florestal e da madeira e a disponibilidade de biomassa para projetos de cogeração de energia zero carbono (biomassa).

O trabalho contemplou, portanto, um potencial de quase 8.487.911 ton.. biomassa florestal e do processo industrial da madeira e de quase 29.680.000 toneladas de biomassa da agricultura e sucroenergético disponível na Bahia para o uso energético. desenvolvimento de projetos industriais.

Desenvolvemos um mapeamento técnico direto com os maiores produtores de biomassa para a empresa na Bahia. Trabalhamos no levantamento em 3.100 empresas diretamente ligadas ao setor de base florestal.

CLIENTE: VERACEL CELULOSE

PROJETO : MAPEAMENTO SUPRIMENTO BIOMASSA GERAÇÃO DE ENERGIA

REGIÃO DO ESTUDO: BAHIA

BIOMASSA : 38.167.911 TON./ANO

COMISSIONAMENTO E START-UP: CONCLUSÃO PREVISTA PARA 2024





MAPEAMENTO TIPOS BIOMASSA BRASIL PARA COPROCESSAMENTO DESENVOLVIMENTO PELA BRASIL BIOMASSA PARA O GRUPO VOTORANTIM



A A Brasil Biomassa fez estudos técnico e o mapeamento energético de biomassa para suprimento e c-processamento em substituição do coque para biomassa ao Grupo Votorantim. A produção de cimento é fonte de dióxido de carbono (CO₂), um dos gases responsáveis pelo aquecimento global, e contribui em 8% para as emissões mundiais de CO₂.

No Brasil o setor de Cimento é o sétimo maior consumidor de energia entre os setores industriais, apresenta como principal fonte de energia o coque de carvão de petróleo.

Opções para descarbonizar a produção de cimento: Mudar para um combustível alternativo para combustão com zero de carbono como a biomassa que mitigaria as emissões de CO₂. Estimular a busca de novas tecnologias para aumentar a utilização de resíduos (agrícolas, agroindustriais e sucroenergético).

Estamos desenvolvendo um mapeamento nas regiões:

Rondônia - Porto Velho; Pará - Primavera; Tocantins - Xambioá. Ceará - Sobral; Pernambuco - Poty Paulista; Sergipe - Laranjeiras. Mato Grosso - Nobres; Goiás - Edealina; Distrito Federal - Sobradinho; Mato Grosso do Sul - Corumbá. Minas Gerais - Itau de Minas; Rio de Janeiro - Cantagalo - São Paulo - Salto do Pirapora e Santa Helena. Paraná - Rio Branco do Sul; Santa Catarina - Vidal Ramos; Rio G. Sul - Pinheiro Machado.



O coprocessamento é a combinação de reciclagem simultânea de materiais e recuperação de energia a partir de resíduos em um processo térmico. Ao combinar a recuperação de energia e a reciclagem de materiais, forma uma indústria dentro dos princípios da economia circular. Ao utilizar resíduos de origem da biomassa como combustível, a indústria cimenteira também contribui para a segurança do abastecimento energético.

Os combustíveis alternativos como os resíduos de origem da biomassa, são responsáveis por 44% do combustível da indústria de cimento. Para descarbonizar completamente a produção de calor para cimento, pode ser necessária a eletrificação (com uso da biomassa) de fornos de cimento ou CCS. A melhor rota pode variar pela fábrica de cimento, uma vez que será influenciado pelo preço e disponibilidade de eletricidade zero-carbono, bem como a viabilidade de captura de carbono e armazenamento na planta.

A melhor rota pode variar pela fábrica de cimento, uma vez que será influenciado pelo preço e disponibilidade de eletricidade zero-carbono, bem como a viabilidade de captura de carbono e armazenamento na planta. Na planta no Pará indicamos ao grupo um grande fornecedor biomassa do Dende para a unidade de coprocessamento.

CLIENTE: VOTORANTIM CIMENTOS

PROJETO : MAPEAMENTO SUPRIMENTO BIOMASSA PARA COPROCESSAMENTO

REGIÃO DO ESTUDO: BRASIL

COMISSIONAMENTO E START-UP: CONCLUSÃO PREVISTA PARA 2026

INTRODUÇÃO



Declarações Prospectivas . Este Estudo de Mercado Brasileiro Biomassa Florestal e da Madeira para bioeletricidade, descarbonização industrial e projetos energéticos – mercado livre e leilões de energia/consumo biomassa contém certas declarações prospectivas que dizem respeito a eventos futuros ou desempenho futuro do mercado de consumo biomassa. Estas declarações prospectivas são baseadas em previsões e estudos técnicos e dados de mercado das principais entidades do Brasil sobre as expectativas de desenvolvimento e de expansão do mercado de consumo de biomassa.

Declarações Prospectivas . Este Estudo de Mercado Brasileiro Biomassa Florestal e da Madeira para bioeletricidade, descarbonização industrial e projetos energéticos – mercado livre e leilões de energia/consumo biomassa contém certas declarações prospectivas que dizem respeito a eventos futuros ou desempenho futuro do mercado de consumo biomassa. Estas declarações prospectivas são baseadas em previsões e estudos técnicos e dados de mercado das principais entidades do Brasil sobre as expectativas de desenvolvimento e de expansão do mercado de consumo de biomassa.

Objetiva-se com o Estudo de mercado em gerar expectativas dentro de uma tendência de mercado industrial e dos players consumidores de biomassa sustentável/energia. Se as

expectativas geradas e premissas revelarem-se incorretas por mudança de fatores e de mercado, então os resultados reais podem diferir materialmente da informação prospectiva contida neste documento. Além disso, declarações prospectivas, por sua natureza, envolvem riscos e incertezas que poderiam causar os resultados reais difiram materialmente daqueles contemplados no estudo. Assim utilizamos as declarações prospectivas de informações como apenas uma advertência no desenvolvimento do Estudo de Mercado Brasileiro Biomassa Florestal e da Madeira.

DIRETORIA EXECUTIVA



- I. Apresentação do Estudo de Mercado Brasileiro Biomassa Florestal e da Madeira. A biomassa é a uma grande fornecedora de energia limpa e renovável. A missão primordial neste conturbado momento (mudanças climáticas) energético (apagões e uso de energia térmica com base em combustíveis fósseis como o carvão, diesel e gás natural) é desenvolver e demonstrar com este relatório técnico dos maiores players produtores de biomassa florestal e da madeira como fonte de bioeletricidade no mercado de energia e de descarbonização industrial para acelerar as reduções líquidas de emissões de gases de efeito estufa .

Declarações Prospectivas . Este Estudo de Mercado Brasileiro Biomassa Florestal e da Madeira para bioeletricidade, descarbonização industrial e projetos energéticos – mercado livre e leilões de energia/consumo biomassa contém certas declarações prospectivas que dizem respeito a eventos futuros ou desempenho futuro do mercado de consumo biomassa. Estas declarações prospectivas são baseadas em previsões e estudos técnicos e dados de mercado das principais entidades do Brasil sobre as expectativas de desenvolvimento e de expansão do mercado de consumo de biomassa.

6.1. Matéria-prima como substrato para a produção de biogás. Do processo de preparação da matéria-prima podemos descrever três tipos de insumos: fibra da casca de coco fragmentada e moída e seca; o pó do processo de trituração e o líquido da casca do coco verde (LCCV) que representa 30% do peso inicial das cascas que será utilizado para a produção de biogás.

Esse líquido é composto por açúcares fermentescíveis, compostos fenólicos, cátions e ânions. Após a prensagem, são separadas as fibras do pó no processo de classificação,

que pode ser manual ou automatizado. Dessa etapa em diante, o pó e a fibra seguem rotas distintas até suas formas de apresentação comercial

Desta forma, se descartado de maneira inadequada, o LCCV, pode ser considerado poluidor do ambiente, devido a quantidade produzida e a alta carga orgânica, a qual varia entre 60 e 70 g L⁻¹ na demanda química por oxigênio (DQO).

O valor da DQO é alto, quando comparado ao da vinhaça que atinge valor médio de 23 g L⁻¹ da DQO. A alta DQO, geralmente, significa alto conteúdo de substâncias orgânicas e, portanto, importante parâmetro na determinação do monitoramento ambiental e nas avaliações de impacto ambiental.

Assim, as indústrias beneficiadoras de casca de coco verde buscam alternativas adequadas para a destinação desse efluente e agora estamos desenvolvendo a primeira planta no Brasil de aproveitamento deste substrato para a produção de biogás.

O LCCV apresenta teores de açúcares de 42,67 g L⁻¹, o que o torna factível de ser usado como fonte de carbono em processos fermentativos em meio seletivo para leveduras. O LCCV contém, além de açúcar, aproximadamente 6 g L⁻¹ de taninos condensados, que associados ao extrato de nim.

Além das possibilidades de aproveitamento do LCCV anteriormente citadas, ainda se faz necessário investigar o potencial do uso deste líquido na produção de biogás. O LCCV pode ser fonte de nutrientes, pois contém elevados teores de potássio (1.864 mg L⁻¹), e quantidade consideráveis de cálcio (210 mg L⁻¹), magnésio (147,6 mg L⁻¹), fósforo (95,48 mg L⁻¹), nitrogênio (11,3 mg L⁻¹) e enxofre (2,53 mg L⁻¹).

Por outro lado, o LCCV contém teores elevados de sódio e cloro, em média, 379,5 e 3.681,6 mg L⁻¹, respectivamente.

Apesar da elevada quantidade de potássio, a problemática da aplicação do LCCV consiste no elevado teor de taninos condensados (6 g L⁻¹).

Os taninos condensados são compostos polifenólicos formados por polímeros de três unidades monoméricas, oriundos do metabolismo secundário que podem se acumular nos resíduos vegetais, e são capazes de controlar a taxa de decomposição da matéria orgânica, processo necessário para o crescimento e o desenvolvimento das culturas, ao aumentar a disponibilidade de nitrogênio inorgânico.

O LCCV é originado da prensagem das fibras que compõem a casca de coco verde. Essas fibras são notadamente constituídas por ligninas e outros compostos fenólicos .

Taninos são polifenóis solúveis em água que podem apresentar um largo espectro de massas moleculares, diferindo de outros compostos fenólicos por serem capazes de precipitar proteínas. São compostos fenólicos de alta massa molecular, entre 500 e 3000 Da e possuidores da capacidade de precipitar alcalóides, gelatina e outras proteínas.

Os taninos se dividem em dois grupos principais: hidrolisáveis e condensados. Os hidrolisáveis são compostos por ésteres de ácido gálico, que formam os galotaninos, ou ácido elágico que formam os elagitaninos. Eles são assim designados por serem hidrolisados por ácidos ou enzimas até tornarem-se monômeros. Os condensados , ou proantocianidinas, são compostos por unidades flavonóides.

Há, porém, outra divisão que divide os taninos em quatro grupos: Galotaninos, Elagitaninos, taninos complexos e condensados.

Os galotaninos e elagitaninos compreendem os taninos hidrolisáveis e os taninos complexos surgem para classificar alguns polímeros que combinam características de taninos hidrolisáveis e condensados, como por exemplo as ligninas. Os taninos condensados são compostos por unidades flavonóides e são polímeros de peso molecular mais alto.

A caracterização do LCCV indicou valores elevados de concentração de matéria orgânica (60 a 70 g DQO/L), taninos (6 g/L) e salinidade (condutividade elétrica de 8,8 mS/cm). Apesar da elevada concentração de matéria orgânica, bastante interessante do ponto de vista da degradação biológica.

Apesar das propriedades antimicrobianas dos taninos, muitos fungos, bactérias e leveduras conseguem crescer e se desenvolver em meios contendo esses compostos. Além disso, estudos mostraram ser viáveis as degradações anaeróbia, aeróbia e fúngica desses compostos que são ideais para a produção de biogás.

Com relação à capacidade dos taninos de se ligarem com proteínas, a força e a natureza dessas ligações dependem da natureza química dos grupos fenólicos reativos. Apesar das propriedades antimicrobianas, muitos fungos (*Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Fusarium solani*), bactérias (*Bacillus polymyxa*, *Corynebacterium sp.*, *Klebsiella planticola*) e leveduras (*Candida sp.*) são resistentes e conseguem crescer e se desenvolver em ambientes ricos em taninos.

Como o LCCV apresenta concentrações elevadas de matéria orgânica (entre 60 e 70 g DQO/L), o processo de tratamento biológico anaeróbio é uma das alternativas de tratamento por apresentar vantagens potenciais (baixa produção de lodo, menor consumo de energia) em comparação ao tratamento aeróbio.

A digestão anaeróbia é um processo complexo, envolvendo um consórcio de microrganismos que atuam de forma simbiótica em que o produto de um grupo é substrato de outro. As reações bioquímicas principais que ocorrem no processo caracterizam os grupos de microrganismos predominantes, podendo esse processo ser dividido em três etapas: hidrólise e acidogênese, acetogênese e metanogênese.

O processo de degradação da matéria orgânica inicia-se com a hidrólise do material presente no efluente gerando compostos mais simples, que possam ser assimilados pelos

microrganismos. Normalmente os polímeros complexos são transformados em açúcares, ácidos orgânicos e aminoácidos. Essa conversão é executada por enzimas extracelulares que são excretadas pelas bactérias fermentativas hidrofílicas.

Na degradação de muitos compostos poliméricos há possibilidade de a etapa hidrolítica ser mais lenta que as demais etapas, sendo esta a limitante do processo. Na acetogênese, os produtos formados anteriormente são oxidados a acetato, hidrogênio e gás carbônico, com o objetivo de fornecer substrato apropriado aos microrganismos metanogênicos. De todos os produtos originados por esses microrganismos somente o acetato e o hidrogênio podem ser assimilados pelas bactérias metanogênicas.

A distribuição dos ácidos orgânicos voláteis dependerá principalmente da natureza do substrato e das condições às quais os microrganismos estão sendo expostos. Com isso, a etapa de acetogênese pode ser mais ou menos intensa no processo de degradação do substrato. O processo de degradação do substrato é finalizado na metanogênese, que consiste na transformação dos produtos (com um ou dois átomos) formados anteriormente em metano e dióxido de carbono (CO₂).

O metano é formado por dois mecanismos distintos. O primeiro consiste da formação do metano a partir do CO₂ e gás hidrogênio (H₂), pelo grupo de arqueas hidrogenotróficas. O segundo consiste da produção do metano a partir do acetato, realizada pelo grupo de arqueas acetoclásticas.

Em termos de vias metabólicas anaeróbias, considerando os produtos de fácil fermentação (resíduos ricos em ácidos graxos e monômeros de açúcar), a etapa limitante no processo fermentativo é, geralmente, a metanogênica. Por outro lado, durante a digestão anaeróbia de resíduos mais complexos, a etapa limitante do processo é, geralmente, a hidrólise visto que, constituintes poliméricos se dividem em fragmentos menores ou em monômeros.

Os taninos hidrolisáveis podem ser biodegradados, em sistemas anaeróbios, por meio da transformação de ácido gálico em pirogalol, que pode ser convertido em ácido pirúvico ou em floroglucinol, o qual é transformado em acetato e butirato, que finalmente é convertido em metano, em condições anaeróbias.

Já os taninos condensáveis (catequinas), em ambientes anaeróbios, após sofrerem cisão em seus anéis superiores, são convertidos em acetato que, em seguida, é assimilado pelas bactérias metanogênicas. Outra via é a metabolização das quercetinas (unidade básica de taninos condensados) que são inicialmente quebradas em floroglucinol e derivados de fenil acetato. O floroglucinol é rapidamente fermentado, em vários sistemas anaeróbios, sendo convertido em acetato e butirato.

O teste de Atividade Metanogênica Específica (AME) é usado para analisar o comportamento da biomassa e avaliar a capacidade das arqueas metanogênicas em converter substrato orgânico em metano e gás carbônico. Sendo assim, a partir de quantidades conhecidas de biomassa (em termos de sólidos voláteis totais – SVT) e de substrato (em termos de DQO), sob condições préestabelecidas, verifica-se a produção de metano.

No teste de AME, é adicionado lodo em quantidade suficiente para evitar que a degradação do efluente seja limitada pela falta de biomassa. Recomenda-se usar uma concentração de lodo de 5 g SSV/L, porém, se a atividade metanogênica do lodo for maior do que 0,2 kg DQO/kg SSV.d, é possível utilizar concentrações menores. A formação de ácidos graxos voláteis (AGV) durante o teste pode causar acumulação de ácidos não neutralizados dentro do reator. Para evitar decréscimo do pH, deve-se assegurar que o efluente contenha uma alcalinidade mínima de 0,5 g NaHCO₃/g DQO.

O teste de atividade metanogênica serve para estabelecer o grau de biodegradabilidade de um efluente, com base na atividade já determinada de um lodo. Esse teste consiste em incubar certa quantidade de biomassa, em meio contendo o efluente a ser testado,

nutrientes e solução tampão, medindo-se a quantidade de gás produzido por unidade de tempo e massa bacteriana.

Para que se obtenha a atividade metanogênica máxima, deve-se garantir que o ambiente permaneça anaeróbio e que contenha condições ótimas de temperatura, pH, potencial redox e nutrientes. Deve-se ainda selecionar populações adequadas de microrganismos e adicionar substrato suficiente.

É necessário equipamento capaz de monitorar as mudanças da atividade metabólica, por meio da produção de gás ou do consumo do substrato, com precisão satisfatória. Outro aspecto que deve ser abordado é o uso de grandes concentrações de microrganismos. Além disso, o uso de quantidade excessiva de biomassa pode causar decréscimo na atividade máxima, devido a limitações na transferência de massa do substrato metanogênico aos microrganismos.

Da mesma forma, concentrações insuficientes, isto é, abaixo do nível de saturação requerido pelos microrganismos, podem reduzir a atividade metanogênica. Deve-se também explicar que concentrações excessivas de ácido acético podem inibir a atividade das bactérias metanogênicas.

Existem diversos tipos de reatores anaeróbios de alta carga sendo utilizados para o tratamento de líquidos (como da casca do coco verde), diferenciando-se pelo tipo de crescimento de microrganismos no sistema. Existe o crescimento disperso que se relaciona à presença de flocos ou grânulos de bactérias totalmente livres, como é o caso dos reatores UASB, e o crescimento aderido, no qual as bactérias crescem em materiais inertes, levando à formação de um biofilme (filme biológico), como no filtro biológico anaeróbio.

Os reatores UASB permite a operação desses reatores com carga orgânica volumétrica (COV) elevada é o desenvolvimento de um lodo granular denso (em geral 40 gSSV/L) e

com boa sedimentabilidade, que se concentra no fundo do reator . Para isso, esses reatores devem possuir mecanismos de retenção de biomassa, chamados de separadores gás-líquido-sólido ou separadores trifásicos. A parte inferior do reator UASB denomina-se leito de lodo, que se caracteriza pelo adensamento de biomassa. Acima do leito de lodo encontra-se uma zona de lodo mais dispersa denominada manta de lodo, em que os sólidos possuem velocidades de sedimentação mais baixas.

O reator UASB desempenha simultaneamente várias funções. Nele ocorre a sedimentação dos sólidos suspensos que ficam retidos no manto espesso de lodo biológico. Também ocorre a digestão da parte sólida retida (líquido da casca do coco verde). Por fim, existe a degradação biológica da parte solúvel. O processo de tratamento em reator UASB consiste de um fluxo ascendente.

A estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas do reator, leito e manta de lodo, sendo a mistura do sistema promovida pelos fluxos ascensionais do líquido alimentado e dos gases formados.

A aplicação do reator UASB apresenta várias vantagens, como: facilidade de operação, pequena área para implantação, baixa geração de odores, boa estabilização do efluente final, baixo consumo de energia elétrica para a operação em comparação aos processos aeróbios de tratamento de efluentes, além da possibilidade de geração de energia por meio do biogás.

O LCCV da casca do coco verde pode ser tratado nesse tipo de sistema. Uma variedade de água residuária que deve ser abordada é o lixiviado oriundo de resíduos de cascas de coco, visto que é caracterizado por apresentar elevadas concentrações de tanino.

Tipicamente, esse tipo de efluente apresenta a seguinte composição: taninos poliméricos (30%–55%), carboidratos (30%–40%), monômeros fenólicos tânicos e não tânicos (10%–

20%), e DQO variando de 5 a 60 g DQO/L. A toxicidade desse efluente, para microrganismos anaeróbios, podendo ser devida aos taninos oligoméricos condensáveis, resinas de cadeias longas ou aos ácidos graxos .

As rotas metabólicas da degradação aeróbia de taninos hidrolisáveis se baseiam na transformação bioquímica de galotaninos (ou elagitaninos) em ácido gálico (ou ácido elágico) e, em seguida, em ácido pirúvico. A enzima responsável por essas reações é a tanase. No caso dos taninos condensados, as rotas se caracterizam pela formação inicial de catequina e quercetina e produção de hidroxihidroquinona, floroglucinol, catecol, entre outros. A tanase produzida por bactérias pode degradar tanto galotaninos quanto elagitaninos.

A degradação microbiológica de taninos hidrolisáveis se dá principalmente pela ação da tanase. Essa enzima é capaz de catalisar a hidrólise dos ésteres e quebrar as ligações de galotaninos reduzindoos a ácido gálico e glicose. A tanase é produzida por diversos fungos, principalmente *Aspergillus* e *Penicillium*. Entretanto, nem toda tanase produzida é igualmente ativa em todos os taninos.

A via metabólica aeróbia, de degradação dos taninos hidrolisáveis, ocorre inicialmente por meio da ação da tanase, sendo convertida em ácido gálico para, em seguida, ser convertido em ácido pirúvic e, finalmente, ser introduzido no ciclo do ácido cítrico.

A degradação aeróbia dos taninos condensados se dá inicialmente pela quebra oxidativa dos anéis heterocíclicos das catequinas, convertendoos em ácido carboxílico floroglucinol. Esse ácido sofre descarboxilação e cisão, convertendo-se em ácidos alifáticos, que são assimilados no ciclo do ácido cítrico.

Por utilizarem tais substâncias como únicas fontes de carbono e de energia, os microrganismos vêm se apresentando como poderosas alternativas aos métodos

convencionais de tratamento, sendo cada vez mais empregados na resolução de problemas ambientais.

Se os taninos são parte do sistema de defesa vegetal contra os microrganismos, a produção de tanase pode ser considerada como parte do contra-ataque microbiano.

Tal ataque inclui estratégias como secreção de substâncias com elevada afinidade por taninos, produção de enzimas resistentes aos taninos, produção de polifenoloxidasas (enzimas capazes de quebrar os anéis fenólicos das proantocianidinas) e produção de sideróforos.

Nos processos biológicos aeróbios, o material orgânico é mineralizado pelo oxidante a produtos inorgânicos principalmente dióxido de carbono e água. Além disso, são sintetizados novos materiais celulares, os quais são facilmente removidos nas operações físicas de tratamento, ficando a água residuária livre de grande parte da matéria orgânica original

A obtenção de energia pelos fungos pode ocorrer por meio de via oxidativa (respiração) ou por fermentação. Na respiração, o oxigênio é o principal oxidante. Contudo, sob condições de baixas concentrações de oxigênio, algumas espécies podem fazer uso de nitrato como aceptor de elétrons. O processo de respiração resulta na conversão completa de compostos orgânicos em dióxido de carbono e água, com energia gerada por fosforilação oxidativa. Os organismos capazes de obter energia por ambas as vias (respiração e fermentação) conseguem crescer sob condições aeróbias e anaeróbias.

Os fungos filamentosos produzem enzimas como lípases, invertases, lactases, proteinases e amilases, que hidrolisam o substrato tornando-o assimilável mediante mecanismos de transporte ativo e passivo.

Alguns substratos podem induzir a formação de enzimas degradativas. Há fungos que hidrolisam substâncias orgânicas, como quitina, osso, couro, inclusive materiais plásticos.

Existem diferenças quanto aos produtos do metabolismo celular de leveduras em condições de respiração e de fermentação. Ao crescer em condições aeróbias, a levedura retira energia das ligações químicas da fonte de carbono. Por exemplo, a glicose de seis carbonos é quebrada, inicialmente, em duas moléculas de três carbonos (álcoois aldeídicos e cetônicos) que são convertidos em duas moléculas de ácido pirúvico.

Essa sequência de transformações químicas constitui a via metabólica chamada glicólise. O ácido pirúvico é completamente oxidado nas mitocôndrias pelo Ciclo de Krebs liberando CO₂, enquanto a cadeia respiratória gera água ao oxidar NADH, que é uma estrutura que capta energia com geração de composto contendo alta energia (ATP).

Essa energia é utilizada para converter compostos intermediários da degradação metabólica em novas células. O consumo de oxigênio ocorre nas mitocôndrias. A diferença básica nos produtos do metabolismo celular da levedura em processos fermentativos, em relação ao metabolismo aeróbio, consiste em que o ácido pirúvico formado, em vez de ser oxidado pelas mitocôndrias, é convertido principalmente em citosol e, em seguida em etanol, glicerol, CO₂ e ácido succínico.

Eventualmente, desde que estejam estabelecidas condições favoráveis para produção de biomassa, leveduras apresentam capacidade de produzir etanol mesmo em condições aeróbias.

O LCCV produzido utilizando-se uma unidade de processamento da casca do coco-verde. O coco, após o consumo da água, é triturado e prensado. Da prensagem é produzido o LCCV, que é peneirado e em seguida fica em repouso por cerca de 15 minutos para sedimentação de sólidos e flotação de espuma. A fase intermediária do LCCV é coletada

por meio de um sifão. O LCCV decantado é armazenado em uma temperatura de, aproximadamente, 5 °C.

A característica deste efluente resultante em termos de concentração de demanda química de oxigênio (DQO) varia de 60 a 70g/L, condutividade elétrica de aproximadamente 9 mS/cm, taninos totais de aproximadamente 6 g/L, além de teores de potássio e sólidos suspensos voláteis.

Apesar da alta concentração de material orgânico, o que é desejável para o sistema de tratamento anaeróbio. Portanto, podemos considerar o potencial do LCCV como fonte de taninos para formulação de resinas fenólicas, como fonte de açúcar em processos fermentativos e geração de biogás.

A concentração de açúcares no LCCV é elevada e varia de 37 g/L (reduzíveis) a 43 g/L (reduzíveis totais), fator que contribui para a redução de DQO, essa redução pode ser explicada em virtude da glicose ser responsável pela remoção dos taninos, uma vez que atua como doadora de elétrons durante a degradação anaeróbica dos compostos recalcitrantes.

6.2. Sistema industrial de produção de biogás com a biomassa do coco verde. O biogás é um biocombustível produzido pela digestão anaeróbia de materiais biológicos provenientes do setor agrícola como a casca do coco verde.

A composição do biogás utilizando o LCCV ou o líquido da fragmentação da casca do coco verde apresenta, no geral, de 50 a 80% de gás metano, 20 a 50% de gás carbônico (CO₂) e pequenas porcentagens de gases traços como: sulfeto de hidrogênio, nitrogênio, hidrogênio amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis, oxigênio, hidrocarbonetos e vapor d'água.

Essa composição pode variar de acordo com o tipo e quantidade de biomassa empregada na sua produção, fatores climáticos, dimensões do biodigestor.

Tendo em vista que o metano, quando lançado na atmosfera, apresenta potencial de poluição 21 vezes maior que o CO₂, e que este corresponde à maior parcela na composição do biogás, a utilização do biogás, e consequente queima de metano, evita que este seja liberado na atmosfera, reduzindo os efeitos do efeito estufa.

A produção e o uso de biogás são normalmente percebidos como uma opção de geração de energia limpa e sustentável que pode garantir reduções significativas na emissão de GEE se comparada aos combustíveis fósseis.

Além das vantagens ambientais, o biogás apresenta outros benefícios relacionados a sua produção e utilização.

O biogás pode ser gerado de forma contínua; apresenta baixo custo de estocagem, seja na forma de matéria-prima, seja como gás comprimido; é fator de segurança energética, podendo diminuir as dificuldades de atendimento da demanda por energia elétrica em áreas distantes do meio rural.

Possibilidade eventual de venda de eletricidade à rede ou Compensação de Energia Elétrica; promove a geração de empregos; permite o aproveitamento de resíduos urbanos, o que colabora para a viabilidade econômica do saneamento básico; redução da contaminação do solo e dos lençóis freáticos pelos resíduos, entre outras.

Em escala comercial, o biogás é aplicado principalmente na geração de energia elétrica e na fabricação de biometano.

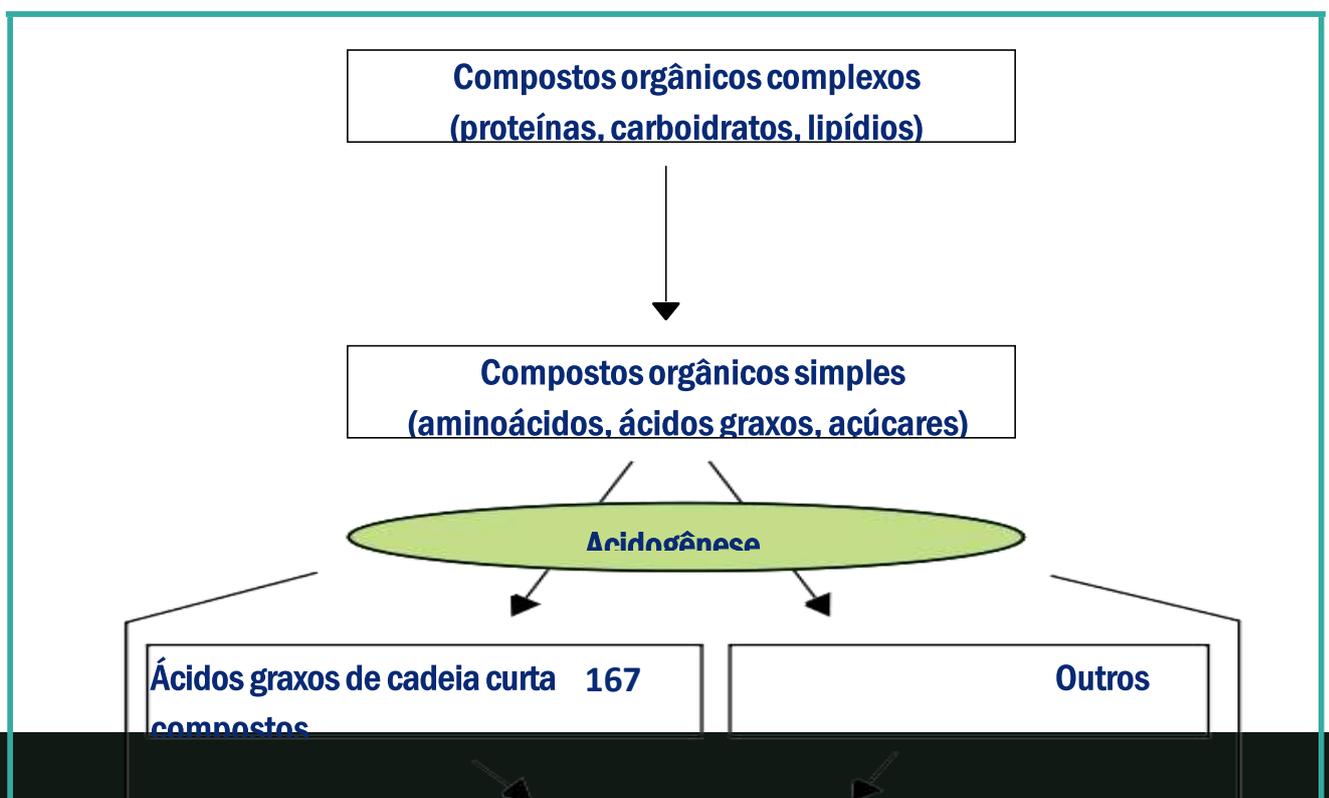
Este fato se deve ao desenvolvimento das pesquisas sobre o assunto, que permitiram que o biogás passasse de um simples coproduto do tratamento de resíduos orgânicos, para

uma “commodity”, sendo negociado na bolsa de valores em forma de créditos de Carbono, por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

6.3. Biogás. A matéria orgânica, quando decomposta em meio anaeróbio (ausência de oxigênio), origina uma mistura gasosa chamada de biogás. Esse processo é muito comum na natureza. Por meio de diversos microrganismos, a matéria orgânica é convertida em biogás quase por completo. Além disso, são produzidas certas quantidades de energia (calor) e nova biomassa.

A mistura gasosa formada é composta principalmente de metano (50% - 75% em volume) e dióxido de carbono (25% - 50% em volume). O biogás contém ainda pequenas quantidades de hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, amônia e outros gases. A sua composição é influenciada principalmente pelos substratos utilizados, pela técnica de fermentação e pelas diferentes tecnologias.

O processo de formação do biogás se divide em várias etapas. Os estágios de decomposição têm de estar perfeitamente coordenados entre si para que todo o processo se realize adequadamente.



O primeiro estágio é a hidrólise, em que compostos orgânicos complexos, tais como carboidratos, proteínas e lipídios, são decompostos em substâncias menos complexas como aminoácidos, açúcares e ácidos graxos. No processo atuam bactérias hidrolíticas, cujas enzimas liberadas decompõem o material por meio de reações bioquímicas.

Por meio de bactérias fermentativas acidogênicas, os compostos intermediários formados são então decompostos em ácidos graxos de cadeia curta (ácidos acético, propiônico e butírico), dióxido de carbono e hidrogênio na chamada fase acidogênica (acidogênese).

Adicionalmente, formam-se também pequenas quantidades de ácido láctico e álcoois. Os tipos de compostos formados nesse estágio dependem da concentração do hidrogênio intermediário. Na acetogênese, o processo de formação de ácido acético, esses compostos são convertidos por bactérias acetogênicas em precursores do biogás (ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono).

Nesse ponto, a pressão parcial do hidrogênio é decisiva. Por razões de cunho energético, uma concentração de hidrogênio muito elevada impede a conversão dos compostos

intermediários da acidogênese. A consequência é o acúmulo de ácidos orgânicos que inibem a metanogênese, tais como o ácido propiônico, ácido isobutírico, ácido isovalérico e ácido capróico.

Por essa razão, as bactérias acetogênicas (produtoras de hidrogênio) têm de estar estreitamente associadas a arqueas metanogênicas. Durante a formação do metano, as arqueas consomem hidrogênio e dióxido de carbono (transferência interespecífica de hidrogênio), garantindo o meio propício para as bactérias acetogênicas.

No último estágio da formação do biogás, a metanogênese, as arqueas metanogênicas estritamente anaeróbias convertem principalmente o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono em metano. Os metanógenos hidrogenotróficos produzem metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono, e os metanógenos acetoclásticos a partir da redução de ácido acético.

Conforme as condições predominantes em usinas de biogás, a formação de metano para cargas orgânicas volumétricas mais elevadas se dá pela via bioquímica que utiliza o hidrogênio, sendo que a metanogênese pela redução do ácido acético ocorre apenas para cargas orgânicas volumétricas relativamente baixas. Conforme a experiência com digestão de lodo, 70% do metano produzido se deve à redução do ácido acético e apenas 30% ao aproveitamento do hidrogênio.

No caso de usinas de biogás agrícolas, porém, esses valores se aplicam somente a fermentadores de elevada carga com tempos de retenção breves.

Recentes estudos apresentaram evidências de que a transferência interespecífica de hidrogênio determina a taxa de formação do metano. De modo geral, as quatro fases da decomposição anaeróbia ocorrem paralelamente em um processo de um único estágio. No entanto, uma vez que as bactérias têm exigências diferentes quanto ao seu habitat, tais

como o pH e a temperatura, deve ser definido um meio termo em relação à tecnologia do processo.

Como os microrganismos metanogênicos são o elo mais fraco da biocenose e os mais sensíveis a distúrbios, em virtude de sua baixa taxa de crescimento, as condições do meio têm de ser adaptadas às suas necessidades. Na prática, porém, qualquer tentativa de isolar a hidrólise e a acidogênese da metanogênese por meio de dois estágios de processo distintos (sistema de duas fases) tem êxito limitado, pois, apesar do baixo pH na fase de hidrólise ($\text{pH} < 6,5$), ocorre formação parcial de metano.

Por isso, além do dióxido de carbono e do hidrogênio, o gás de hidrólise contém também metano e, portanto, necessita ser consumido ou tratado a fim de evitar riscos à segurança e impactos negativos sobre o meio ambiente.

Dependendo da construção e operação da usina de biogás com a biomassa da casca do coco verde, bem como da natureza e concentração da matéria fresca utilizada como substrato, em processos de vários estágios é possível definir diferentes condições do meio em cada estágio da digestão. As condições do meio, por sua vez, influenciam a composição e atividade da biocenose microbiana e, com isso, têm influência direta nos produtos metabólicos originados.

6.3.1 Condições do meio. A descrição das condições do meio deve distinguir entre digestão úmida e digestão de sólidos (também denominada fermentação a seco), visto que os dois processos podem apresentar diferenças quanto ao teor de umidade, concentração de nutrientes e transporte de substâncias.

Trataremos a seguir apenas da digestão úmida, uma vez que essa é a técnica predominante na prática.

6.3.2 Oxigênio. É impossível evitar completamente que o oxigênio penetre no biodigestor. Mesmo sob essas condições, as arqueas metanogênicas não são inibidas nem cessam a sua atividade imediatamente. Isso se explica pelo fato de elas coexistirem com bactérias aeróbias oriundas das etapas de degradação precedentes.

Algumas das espécies de bactérias, as denominadas bactérias anaeróbias facultativas, sobrevivem tanto em ambientes com oxigênio quanto em sua completa ausência. Desde que a entrada de oxigênio não seja excessivamente grande, essas bactérias o consomem antes que ele prejudique as arqueas metanogênicas, dependentes de um meio sem oxigênio. É por essa razão que o oxigênio do ar introduzido no gasômetro do biodigestor para a biodessulfurização não tem impacto negativo sobre a formação de metano.

6.3.3 Temperatura. De forma geral, quanto maior for a temperatura do meio, maior será a velocidade de uma reação química. Essa regra, porém, nem sempre se aplica aos processos biológicos de transformação e degradação, uma vez que cada microrganismo envolvido nos processos metabólicos tem a sua própria faixa de temperatura ideal.

A variação da temperatura acima ou abaixo dessa faixa ideal pode acarretar a inibição dos microrganismos, podendo levar até mesmo a danos irreversíveis. Em função de sua temperatura ótima, os microrganismos envolvidos na degradação se dividem em psicrófilicos, mesófilicos e termófilicos:

- A temperatura ótima para o desenvolvimento dos microrganismos psicrófilicos é abaixo de 25 °C. Embora dispense o aquecimento do substrato e do biodigestor, essa faixa de temperatura se caracteriza pela lenta decomposição e reduzida produção de gás, o que geralmente impossibilita a operação de usinas de biogás em escala comercial.

- A maioria dos microrganismos metanogênicos apresenta picos de crescimento em faixas mesofílicas de temperatura entre 37 e 42 °C. Usinas operando nessa faixa são o tipo mais comum, pois tal faixa de temperatura permite rendimentos relativamente elevados de gás e proporciona uma boa estabilidade do processo.

- A fermentação com culturas termofílicas é adequada em processos que requerem o extermínio de germes nocivos pela higienização do substrato, ou que utilizam como matéria-prima substratos com temperaturas intrinsecamente elevadas (p. ex. águas residuárias).

A faixa de temperatura ideal de tais culturas é de 50 a 60 °C. A temperatura mais elevada proporciona maior taxa de decomposição e torna o substrato menos viscoso. Em contrapartida, a manutenção dessa faixa de temperatura significa um gasto maior de energia no processo de digestão. Além disso, o processo de digestão nessa faixa de temperatura é mais suscetível a distúrbios e a variações do fluxo de alimentação de substrato ou do modo de operação do biodigestor, uma vez que existe um número menor de espécies de microrganismos metanogênicos em condições termofílicas.

Nesse contexto, a experiência mostra que não há limites rígidos entre as diferentes faixas de temperatura e variações bruscas de temperatura podem prejudicar os microrganismos.

Por outro lado, os microrganismos metanogênicos têm a capacidade de se adaptar a diferentes níveis de temperatura quando a sua variação é lenta. Por isso, a estabilidade do processo depende muito mais da constância da temperatura do que do seu valor absoluto em si.

Nesse contexto, é digno de nota o efeito do autoaquecimento, comumente observado na prática. Esse efeito se dá com o uso de substratos não líquidos, ricos em carboidratos, armazenados em reservatórios bem isolados.

O autoaquecimento é devido à produção de calor durante a decomposição do carboidrato por alguns grupos de microrganismos.

Com isso, a operação originalmente na faixa mesofílica pode subir a temperaturas de até 43 a 48 °C. Na presença de intensivo monitoramento analítico associado à regulação de processo, podem ser toleradas variações de temperatura com reduções pequenas e momentâneas na produção de gás.

No entanto, sem as necessárias intervenções no processo, como a redução das quantidades de entrada, os microrganismos não são capazes de se adaptar à variação de temperatura, o que, no pior dos casos, pode levar à suspensão completa da produção de gás.

6.3.4 Valor do pH. A regra da temperatura vale também para o valor do pH. Os microrganismos envolvidos nos diversos estágios de decomposição necessitam de diferentes valores de pH para o seu desenvolvimento ótimo. No caso das bactérias hidrolíticas e acidogênicas, o pH ideal é de 5,2 a 6,3.

Estas bactérias, porém, não dependem estritamente dessa faixa e são capazes de transformar o substrato mesmo na presença de valores de pH levemente elevados, sendo a sua atividade apenas ligeiramente diminuída. Já as bactérias acetogênicas e as arqueas metanogênicas, por outro lado, dependem inteiramente de um pH neutro entre 6,5 e 8.

Portanto, processos de fermentação realizados em apenas um biodigestor devem respeitar essa faixa de pH. Independentemente de o processo se realizar em um ou vários estágios, o valor do pH no sistema é determinado automaticamente pelos metabólitos ácidos e alcalinos produzidos na decomposição anaeróbia.

A estabilidade de tal equilíbrio é demonstrada pela seguinte reação em cadeia. Se o processo for alimentado com uma quantidade muito grande de matéria orgânica em um breve período de tempo ou se a metanogênese por alguma razão for inibida, eleva-se a concentração dos metabólitos ácidos da acidogênese.

Em situações normais, o valor do pH se neutraliza pelo efeito tampão do carbonato e da amônia. O valor do pH se reduz quando a capacidade de tamponamento do sistema se esgota, ou seja, quando ocorre um acúmulo muito grande de ácidos orgânicos. Isso, por sua vez, aumenta o efeito inibitório do sulfeto de hidrogênio e do ácido propiônico, o que em pouco tempo pode acarretar a parada do biodigestor.

Por outro lado, o valor do pH pode se elevar caso a decomposição de compostos nitrogenados ocasione a liberação de amônia, a qual reage com a água formando o amônio. Isso aumenta o efeito inibitório da amônia. No que toca ao controle do processo, porém, deve-se observar que, como o valor do pH se altera lentamente, o uso desse parâmetro para controlar o equipamento tem restrições, ainda que, em função de sua importância, ele tenha de ser medido continuamente.

6.3.5 Disponibilidade de nutrientes. Cada espécie de microrganismo envolvido na decomposição anaeróbia tem sua necessidade própria de vitaminas, micro e macronutrientes. A taxa de crescimento e a atividade das diversas populações estão condicionadas à concentração e a disponibilidade desses nutrientes. Os limites máximo e mínimo de concentração típicos de cada espécie são difíceis de definir, uma vez que existe uma grande diversidade de culturas, em parte caracterizadas por uma excepcional capacidade adaptativa.

A fim de que se produza o máximo de metano do substrato utilizado, a disponibilidade dos nutrientes para os microrganismos deve ser mantida em níveis ótimos. A quantidade

de metano que pode ser obtida do substrato é determinada pelo seu teor de proteínas, gorduras e carboidratos. Esses fatores influenciam igualmente a necessidade específica de nutrientes.

A proporção adequada entre macro e micronutrientes é um pré-requisito para a estabilidade do processo. Após o carbono, o nitrogênio é o nutriente mais importante, sendo necessário para a formação de enzimas responsáveis pela realização do metabolismo.

Por isso, é importante que o substrato tenha a relação C/N correta. Uma relação C/N muito elevada (muito carbono e pouco nitrogênio) reduz a atividade metabólica. Como consequência, o carbono não é completamente degradado e o rendimento de metano não atinge o seu pico máximo. Inversamente, a abundância de nitrogênio pode causar a formação excessiva de amônia (NH_3), capaz de inibir o crescimento das bactérias mesmo em baixas concentrações, podendo até ocasionar o colapso de toda a população de microrganismos.

Por isso, para que o processo transcorra adequadamente, a relação C/N deve estar na faixa de 10 a 30. Além do carbono e do nitrogênio, o fósforo e o enxofre são nutrientes igualmente essenciais. Os aminoácidos têm em sua composição o enxofre, e os compostos de fósforo são fundamentais para a formação da ATP (adenosina trifosfato) e da NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), responsáveis pelo transporte de energia.

Além dos macronutrientes, a disponibilidade de micronutrientes é essencial para a sobrevivência dos microrganismos. A demanda de micronutrientes é geralmente atendida na maioria das usinas de biogás agrícolas como a da casca do coco verde.

Com muita frequência, porém, ocorre uma carência de microelementos, principalmente na digestão simples de cultivos energéticos. Arqueas metanogênicas necessitam de

cobalto (Co), níquel (Ni), molibdênio (Mo) e selênio (Se), e algumas espécies de arqueas exigem também o tungstênio (W). Ni, Co e Mo são cofatores em reações essenciais no metabolismo. Além disso, magnésio (Mg), ferro (Fe) e manganês (Mn) são micronutrientes importantes para o transporte de elétrons e a função de determinadas enzimas. Por isso, a concentração dos micronutrientes no reator é um valor referencial de importância decisiva.

Nesse contexto, é evidente a grande amplitude de variação dos micronutrientes considerados como essenciais, em certos casos chegando a 100. As faixas de concentração podem ser adotadas em usinas de biogás agrícolas apenas em parte, uma vez que os valores se baseiam em pesquisas realizadas na área de tratamento de efluentes em diferentes condições e utilizando diferentes métodos de levantamento.

Além disso, a amplitude é extremamente alta e quase não existem dados sobre as condições dos processos apresentados (p. ex. carga orgânica volumétrica, tempo de retenção, etc.). No reator, os micronutrientes podem se combinar com fosfatos, sulfetos e carbonatos livres, formando ligações de baixa solubilidade, o que os torna indisponíveis para os microrganismos.

Por essa razão, a análise da concentração dos micronutrientes na massa de fermentação não é suficiente para determinar com certeza a disponibilidade dos microelementos. Somente é determinada a concentração total. Assim, o processo deve ser alimentado com quantidades de micronutrientes maiores que as que seriam necessárias para meramente compensar uma concentração deficiente.

A determinação da carência deve sempre considerar as concentrações dos micronutrientes em todos os substratos. A análise dos teores de micronutrientes revelou que pode haver grandes variações. Isso dificulta enormemente a determinação da dosagem ideal dos micronutrientes em carência.

Apesar disso, antes da adição de micronutrientes deve-se primeiro determinar o seu teor no biodigestor a fim de evitar a superdosagem. Isso pode fazer com que a concentração de metais pesados nos biofertilizantes exceda o limite permitido para o reaproveitamento na agricultura.

6.3.6 Inibidores. A inibição da produção de gás ou do processo pode ser ocasionada por diferentes fatores. Por um lado, ela pode ter razões de cunho técnico e operacional. Por outro lado, o andamento do processo pode ser retardado pela ação de substâncias inibidoras, que, em determinadas circunstâncias, são capazes de diminuir a taxa de degradação mesmo em baixas concentrações. Em concentrações tóxicas, podem até ocasionar a parada do processo de digestão. Deve-se diferenciar os inibidores que atingem o biodigestor pela adição de substrato daqueles originados como compostos intermediários em estágios da decomposição.

É importante observar que o carregamento excessivo de substrato no biodigestor também pode inibir o processo de digestão, uma vez que praticamente qualquer substância em elevadas concentrações em um substrato pode influenciar negativamente a atividade bacteriana. Isso se aplica principalmente a antibióticos, solventes, desinfetantes, herbicidas, sais e metais pesados, substâncias capazes de inibir o processo de digestão mesmo em pequenas quantidades.

Em concentrações muito elevadas, os micronutrientes essenciais também podem ser tóxicos para os microrganismos. Como os microrganismos conseguem se adaptar a esses nutrientes até certo ponto, é difícil determinar a concentração exata a partir da qual um nutriente é prejudicial.

Alguns inibidores também interagem com outras substâncias. Os metais pesados, por exemplo, são danosos ao processo de digestão somente quando diluídos. Eles são

agregados pelo sulfeto de hidrogênio, composto também formado durante o processo de digestão, e precipitados na forma de sulfeto de baixa solubilidade.

Como na prática o H_2S quase sempre é formado durante a fermentação metanogênica, a presença dos metais pesados geralmente não perturba o processo. Isso não se aplica a compostos de cobre, que devido às suas propriedades bactericidas são tóxicos mesmo em concentrações mínimas (40 - 50 mg/l).

Durante a digestão, são originadas diversas substâncias que podem inibir o processo. Vale lembrar, contudo, que as bactérias se caracterizam por uma alta capacidade adaptativa e, portanto, não se pode considerar os limites como absolutos e válidos em qualquer situação.

Principalmente a amônia livre (NH_3), não iônica, prejudica as bactérias mesmo em pequenas concentrações. A amônia livre se encontra em equilíbrio com a concentração de amônio (NH_4^+) (a amônia reage com a água formando o amônio e um íon OH^-).

Portanto, se a concentração dos íons OH^- se elevar e tornar o pH muito alcalino, o equilíbrio se desloca e a concentração da amônia aumenta. A elevação do pH de 6,5 para 8, por exemplo, leva a um aumento de 30 x na concentração de amônia livre.

O aumento da temperatura no biodigestor também desloca o equilíbrio em direção à amônia de efeito inibidor. O limiar de inibição de um sistema de digestão não adaptado a elevadas concentrações de nitrogênio se encontra na faixa de 80 a 250 mg/l NH_3 .

Dependendo do valor do pH e da temperatura de fermentação, isso corresponde a uma concentração de amônio entre 1,7 e 4 g/l. A experiência mostra que, na presença de uma concentração total de nitrogênio amoniacal entre 3 e 3,5 g/l, é esperado que o processo de formação do biogás seja inibido pelo nitrogênio.

Do processo de fermentação participa também o sulfeto de hidrogênio (H₂S), que na forma não dissociada em solução age como citotoxina, sendo capaz de inibir o processo de digestão já a partir de concentrações de 50 mg/l. À medida em que o pH se reduz, aumenta a fração de H₂S livre, agravando o risco de inibição.

É possível reduzir o teor de H₂S por meio da sua precipitação com íons de ferro formando sulfeto. O H₂S reage também com outros metais pesados, ligando-se e precipitando sob a formação de íons sulfeto (S²⁻). Como mencionado, porém, o enxofre também é um importante macronutriente que deve estar presente em concentração suficiente para a formação de enzimas, de forma que a precipitação muito acentuada do sulfeto pode provocar a inibição da metanogênese.

6.4. Parâmetros operacionais

6.4.1 Carga orgânica volumétrica e tempo de retenção no biodigestor. Geralmente, a construção de uma usina de biogás prioriza os aspectos econômicos. Na definição das dimensões do biodigestor, por exemplo, nem sempre se almeja obter o rendimento máximo de gás ou a decomposição completa da matéria orgânica presente no substrato. Se a decomposição total da matéria orgânica fosse o principal objetivo, isso exigiria tempos muito longos de retenção do substrato no biodigestor, o que é possível apenas com tanques de alta capacidade, uma vez que algumas substâncias se decompõem apenas depois de muito tempo, ou nem se decompõem. Portanto, deve-se procurar obter uma capacidade adequada de decomposição com um custo aceitável.

Nesse sentido, um importante parâmetro operacional é a carga orgânica volumétrica (COV), que indica quantos quilos de matéria orgânica seca (MOS) devem ser carregados no biodigestor por m³ de volume de trabalho, por unidade de tempo. A carga orgânica volumétrica é expressa em kg MOS/(m³ · d).

A carga orgânica volumétrica pode ser indicada para cada estágio (reservatório impermeável a gases, isolado e aquecido), para todo o sistema (total dos volumes de trabalho de todos os estágios) e incluindo ou não a recirculação de material.

A alteração dos valores de referência pode resultar em COVs bastante diversas para uma usina. Para que a comparação entre as COVs de diferentes usinas seja o mais representativa possível, esse parâmetro deve ser calculado preferencialmente para o sistema como um todo sem levar em conta a recirculação de material, ou seja, somente para o substrato fresco.

Outro parâmetro do dimensionamento do reservatório é o tempo de retenção hidráulica (TRH), que representa o tempo médio calculado que um substrato permanece no biodigestor até a sua saída. Para obtê-lo, divide-se o volume do reator (VR) pela quantidade de substrato introduzida diariamente (). O tempo de retenção hidráulica é expresso em dias.

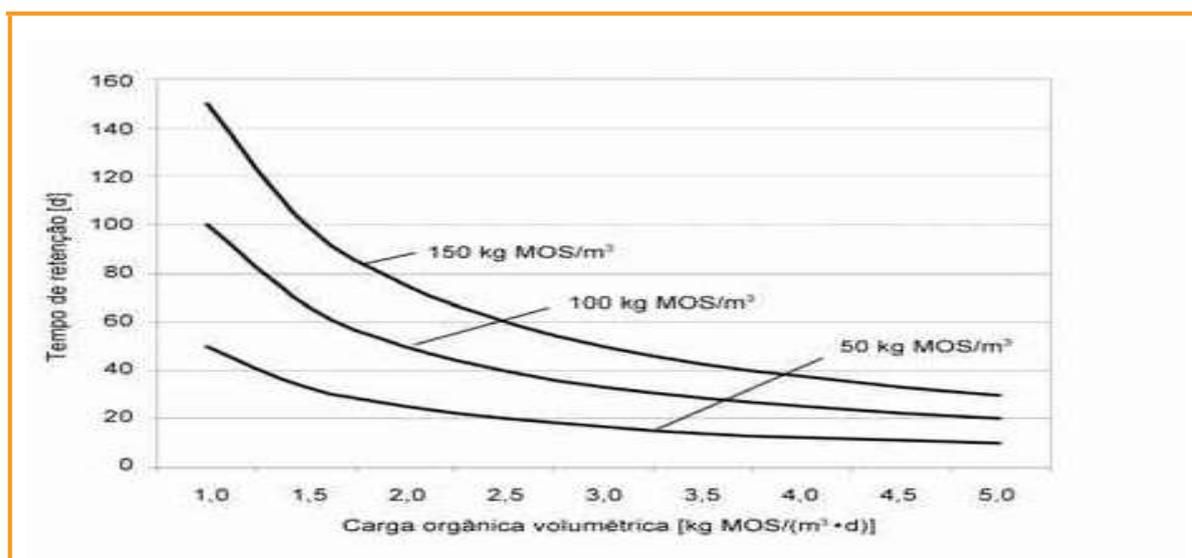


Figura Relação entre a carga orgânica volumétrica e o tempo de retenção hidráulica para diferentes concentrações de substrato

Se a decomposição total da matéria orgânica fosse o principal objetivo, isso exigiria tempos muito longos de retenção do substrato no biodigestor, o que é possível apenas com tanques de alta capacidade, uma vez que algumas substâncias se decompõem apenas depois de muito tempo, ou nem se decompõem. Portanto, deve-se procurar obter uma capacidade adequada de decomposição com um custo aceitável.

A carga orgânica volumétrica pode ser indicada para cada estágio (reservatório impermeável a gases, isolado e aquecido), para todo o sistema (total dos volumes de trabalho de todos os estágios) e incluindo ou não a recirculação de material.

O tempo de retenção efetivo é diferente do resultado dessa fórmula, pois os diferentes componentes saem do biodigestor em momentos diferentes conforme algumas interações como, por exemplo, os níveis de agitação. A carga orgânica volumétrica está intimamente relacionada ao tempo de retenção hidráulica.

Assumindo que a composição do substrato seja constante, quanto maior for a carga orgânica volumétrica, maior é a quantidade de substrato introduzido no biodigestor, o que reduz o tempo de retenção. Para manter o processo fermentativo, o tempo de retenção hidráulica deve ser ideal para que, na renovação contínua do conteúdo do reator, não seja lavada uma quantidade de microrganismos maior que aquela que cresce no mesmo período (algumas arqueas metanogênicas, p. ex., apresentam um tempo de duplicação de 10 ou mais dias) .

Considerar também que, se o tempo de retenção for curto, os microrganismos têm pouco tempo para decompor o substrato, resultando em um rendimento insuficiente de biogás. Portanto, é igualmente importante que o tempo de retenção seja compatível com a taxa de decomposição específica do substrato utilizado.

Se a quantidade diária de adição de substrato for conhecida, pode-se calcular o volume do reator através da degradabilidade do substrato e do tempo de retenção pretendido. Os parâmetros operacionais de uma usina de biogás permitem descrever o seu nível de carga, por exemplo, para comparar diferentes usinas. No controle da usina, esses parâmetros somente são úteis na fase de partida a fim de que se atinja uma elevação lenta e contínua da atividade.

Geralmente, considerase principalmente a carga orgânica volumétrica. O tempo de retenção tem maior importância em usinas que recebem elevadas quantidades de líquidos com baixos teores de matéria orgânica suscetível à decomposição (usinas alimentadas com esterco líquido).

6.4.2 Produtividade, rendimento e taxa de degradação. A produtividade (), rendimento () e taxa de degradação (MOS) são parâmetros que se prestam muito bem para descrever o desempenho de uma usina de biogás. A produtividade é expressa pela produção de gás em relação ao volume do biodigestor.

Ela é definida pelo cociente entre a produção diária de gás e o volume do reator, indicando portanto a eficiência.

6.4.3 Agitação. Um nível de produção elevado de biogás só é possível através do contato intenso entre as bactérias e o substrato, o que geralmente é obtido pela agitação no biodigestor. Em biodigestores sem agitadores, após um período observa-se a separação do conteúdo e a formação de camadas em virtude da diferença de densidade entre as várias substâncias que compõem o substrato, e também pelo empuxo provocado pela formação de gás.

Por causa da sua densidade mais elevada, a maior parte da massa de bactérias se encontra embaixo, sendo que o substrato em decomposição frequentemente se acumula na camada

superior. Em casos como esse, a área de contato entre essas duas camadas está restrita ao ponto em que elas se tocam e a decomposição é muito baixa. Além disso, forma-se um sobrenadante de sólidos flutuantes que dificulta a saída do gás.

Por isso, é importante promover o contato entre os microrganismos e o substrato por meio da agitação no biodigestor. Porém, deve-se evitar agitação intensa.

Principalmente as bactérias acetogênicas (ativas na acetogênese) e as arqueas metanogênicas formam uma estreita comunidade, a qual tem grande importância para que o processo de formação do biogás ocorra normalmente. A destruição dessa comunidade por forças de cisalhamento muito elevadas causadas pela agitação intensa pode afetar negativamente a decomposição anaeróbia.

Portanto, deve ser procurado um equilíbrio que atenda a ambas necessidades. Na prática, isso é alcançado pela rotação lenta dos agitadores, originando forças de cisalhamento reduzidas, e pela agitação do conteúdo do reator em intervalos de tempo breves e previamente definidos. Outras questões técnicas pertinentes à agitação.

6.4.4 Potencial de geração de gás e atividade metanogênica

6.4.4.1 Potencial de rendimento de gás. A quantidade de biogás que pode ser produzida em uma usina depende principalmente da composição do substrato utilizado. Se possível, realizar um teste de fermentação com a mistura de substrato utilizada. Também é possível estimar o rendimento de gás com base na soma das produções de gás dos substratos introduzidos, desde que cada componente do substrato e respectivos valores de produção constem das tabelas de referência.

Equação: Produtividade de metano ($=$ produção de metano $[\text{Nm}^3/\text{d}]$; VR = volume do reator $[\text{m}^3]$)

Equação: Rendimento de metano (= produção de metano [Nm³/d]; MOS = matéria orgânica seca introduzida [t/d])

Equação: Taxa de degradação (MOS) da biomassa (MOSSub = teor de matéria orgânica seca da matéria fresca introduzida [kg/t MF]; min = massa da matéria fresca introduzida [t];

MOSsa = teor de matéria orgânica seca da saída do biodigestor [kg/t MF]; msa = massa dos biofertilizantes [t])

A produção de gás a partir de substratos exóticos, para os quais não estão disponíveis dados de testes de fermentação, pode ser estimada pelo coeficiente de digestão, uma vez que existem paralelos entre os processos de decomposição em uma usina de biogás.

Para isso, os coeficientes das biomassas dedicadas podem ser obtidos na tabela de rações da DLG (Sociedade Alemã de Agricultura). Nela se encontram os teores de matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e extratos não nitrogenados (ENN) com base na matéria seca (MS) da ANÁLISE DE WEENDER e respectivas digestibilidades (DG). A soma das frações de FB e ENN equivale ao conteúdo de carboidratos.

Cada kg de matéria fresca rende 162,5 litros de biogás com um teor de metano de aprox. 53%. Com base nisso, podemos afirmar que, na prática, os rendimentos de metano obtidos são significativamente maiores que os calculados. Segundo o atual nível de conhecimento, não existe método que, do ponto de vista estatístico, seja suficientemente confiável a ponto de permitir o cálculo exato do rendimento de gás. O método aqui apresentado permite unicamente comparar os substratos entre si.

No entanto, o rendimento de biogás que se pode atingir depende de outros fatores como o tempo de retenção dos substratos no biodigestor, o teor de matéria seca, a concentração de ácidos graxos e eventuais substâncias inibidoras.

Desse modo, o aumento do tempo de retenção melhora a taxa de degradação, refletindo em uma maior produção de gás. À medida em que o tempo de retenção transcorre, uma quantidade cada vez maior de metano vai sendo liberada, elevando o poder calorífico inferior da mistura gasosa. O aumento da temperatura permite também a aceleração dos processos de decomposição. Essa aceleração, porém, é possível somente até determinados limites, uma vez que quando a temperatura máxima é excedida as bactérias são prejudicadas, resultando no efeito contrário.

O aumento da produção, contudo, é acompanhado de uma liberação mais acentuada de dióxido de carbono da fase líquida, o que por sua vez ocasiona uma piora do poder calorífico inferior da mistura gasosa.

O teor de matéria seca no biodigestor (teor de MS) pode influenciar o rendimento de gás sob dois aspectos. Por um lado, elevados teores de MS dificultam o transporte da matéria, de forma que os microrganismos são capazes de decompor somente a parte do substrato com a qual têm contato direto. Teores de matéria seca bastante elevados de 40% podem até ocasionar a suspensão da fermentação em função da escassez de água necessária para o crescimento dos microrganismos.

Por outro lado, em virtude dos elevados teores de matéria seca, problemas podem ser causados por inibidores, que ocorrem em forma concentrada em função do baixo teor de água. O pré-tratamento mecânico ou térmico dos substratos utilizados melhora a sua disponibilidade às bactérias, aumentando o rendimento.

6.4.4.2 Qualidade do gás. O biogás é uma mistura gasosa composta principalmente de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), bem como vapor d'água e diversos gases traço. De todos os componentes, o de maior importância é o metano, pois ele representa a parte combustível do biogás e, portanto, seu teor influencia diretamente o poder

calorífico inferior. O controle de processo seletivo dá pouca margem para a alteração da composição do biogás, que depende principalmente da composição do material introduzido. Além disso, o teor de metano é influenciado por parâmetros do processo tais como a temperatura de fermentação, nível de carga do reator e tempo de retenção hidráulica, bem como pela biodessulfurização e por distúrbios no processo.

O rendimento potencial de metano é determinado principalmente pela composição do substrato utilizado, ou seja, pelos seus teores de gorduras, proteínas e carboidratos. Esses três grupos apresentam diferentes rendimentos específicos de metano, sendo o das gorduras elevado, o das proteínas médio e o dos carboidratos baixo. Em termos de massa, as gorduras permitem maior rendimento de metano que os carboidratos.

A concentração do gás traço sulfeto de hidrogênio (H_2S) tem um importante papel na qualidade da mistura gasosa. A concentração não pode ser elevada demais, pois já em reduzidas concentrações o sulfeto de hidrogênio é capaz de inibir o processo de digestão. Além disso, elevadas concentrações de H_2 no biogás acarretam corrosão em usinas de cogeração e caldeiras.

6.5. Tecnologia de Usinas para a Produção de Biogás Biomassa Coco Verde. Este estudo técnico aborda o amplo espectro de tecnologias de usinas para a produção de biogás. O número de combinações entre componentes e equipamentos é praticamente infinito. Por isso, vamos apresentar cada um dos equipamentos com exemplos técnicos que podem ser utilizados com a biomassa do coco verde.

No entanto, o sistema e os equipamentos têm de ser submetidos caso a caso à análise da empresa para verificar a sua capacidade de adaptação. É prática comum que a construção de usinas de biogás envolva um único fornecedor, denominado fornecedor principal (FP). A vantagem de um único fornecedor é que as tecnologias utilizadas geralmente são bem integradas, e a garantia é válida para a usina completa, incluindo os seus componentes.

Com isso, assegura-se também a funcionalidade do processo de geração de biogás. Geralmente, a entrega do equipamento pronto é realizada somente após a conclusão de testes de desempenho, ou seja, após o equipamento ter atingido a sua carga nominal. Isso é de suma importância, uma vez que, em primeiro lugar, a responsabilidade pela partida do equipamento recai sobre o fabricante.

Em segundo lugar, a operadora da usina não está sujeita ao risco financeiro ocasionado por atrasos, no caso de não cumprimento do cronograma de entrega. A desvantagem é que o proprietário tem relativamente pouca influência sobre os detalhes técnicos do projeto, visto que muitos fornecedores oferecem módulos padronizados sem muita flexibilidade na configuração de equipamentos.

Apesar disso, a obtenção da licença, a construção e a operação de uma usina com arquitetura modular é algo mais barato e rápido de implementar. O proprietário também tem a opção de adquirir do fornecedor da usina somente o projeto (contrato de engenharia).

As fases do projeto são então solicitadas pelo proprietário às empresas especializadas. Esse caminho permite o grau máximo de personalização, mas só é recomendado se o proprietário já dispuser da necessária experiência. A desvantagem é que ele assume os riscos da entrada em operação e dos testes de desempenho.

Desse modo, eventuais direitos de regresso têm de ser exigidos individualmente junto às empresas especializadas.

6.5.1 Características e diferenciação das diferentes técnicas. A geração de biogás pode ser realizada por meio de diferentes técnicas. A consistência dos substratos depende do seu teor de matéria seca, o que justifica a classificação básica da tecnologia de biogás em

técnicas de digestão seca e técnicas de digestão úmida. A digestão úmida se realiza com substratos bombeáveis. A fermentação a seco faz uso de substratos empilháveis.

Classificação das técnicas de geração de biogás conforme diferentes critérios

Critério Tipo

Teor de matéria seca dos substratos

- digestão úmida

- digestão seca

Tipo de alimentação - descontínua

- semicontínua

- contínua

Nº de fases do processo - uma fase

- duas fases

Temperatura do processo - psicrófilico

- mesofílico

- termofílico

Não existe um limite rígido entre a digestão úmida e a seca. A digestão seca foi vinculada a determinadas condições que prevê, na entrada, um teor de matéria seca de no mínimo 30% (base em massa) e uma carga orgânica volumétrica de no mínimo 3,5 kg MOS/(m³ · d) no biodigestor.

Na digestão úmida, o substrato líquido pode ter um teor de matéria seca de até 12% (em massa). Como regra empírica, é válido o limite de 15% em massa para a bombeabilidade do meio. Esse valor, porém, é qualitativo e não deve ser aplicado para todos os substratos utilizados. Alguns substratos, com distribuição de partículas finamente dispersas e elevado teor de substâncias solúveis, são bombeáveis também para teores de MS de até 20% em massa.

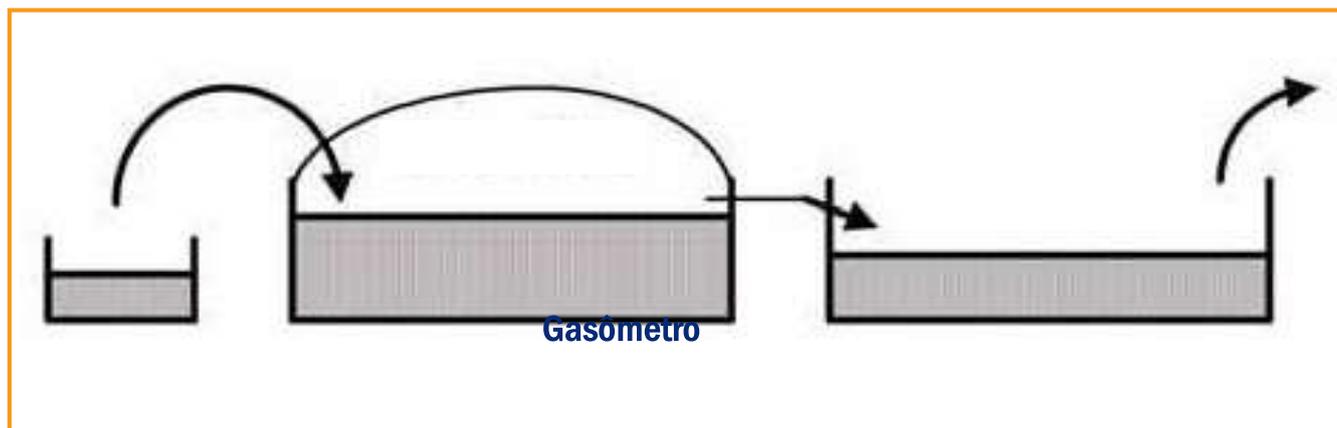
Em contrapartida, outros substratos são passíveis de empilhamento com apenas 10% a 12% em massa, como, por exemplo, cascas de frutas e legumes como a do coco verde. A maioria das usinas de biogás agrícolas adota a digestão úmida, realizada nos típicos reservatórios circulares.

O mercado tem presenciado a maturidade comercial das usinas de digestão seca, que vêm sendo utilizadas principalmente na fermentação de biomassas dedicadas. A explicação detalhada dos tipos de biodigestores.

6.5.2 Tipo de alimentação. O regime de alimentação da usina de biogás determina em grande parte a disponibilidade do substrato fresco para os microrganismos, tendo, assim, impacto sobre a geração do biogás. Essencialmente, a alimentação se classifica em contínua, semicontínua e descontínua ou em batelada.

6.5.2.1 Alimentação contínua e semicontínua. Nos modos de alimentação contínua e semicontínua, faz-se a distinção entre a técnica de fluxo contínuo e a técnica combinada de fluxo contínuo e armazenamento. Ao contrário da alimentação contínua, na alimentação semicontínua uma carga de substrato não fermentado é introduzida no biodigestor no mínimo uma vez a cada dia de trabalho. Sendo assim, comprovou-se que a alimentação em pequenas cargas várias vezes ao dia oferece vantagens.

Técnica de fluxo contínuo. Antigamente, a maioria das usinas de biogás utilizava a técnica de fluxo contínuo. Nela, o substrato é bombeado várias vezes por dia de um tanque de reserva ou de um tanque de carga para o biodigestor. A mesma quantidade de substrato carregada no biodigestor chega ao reservatório de biofertilizantes por pressão ou retirada.

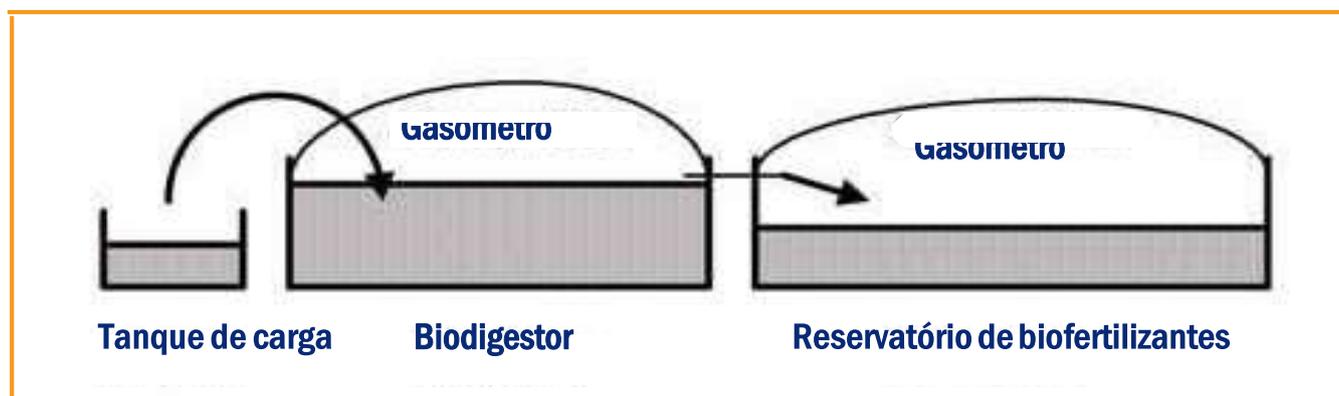


Nessa técnica, o biodigestor se encontra sempre cheio, sendo esvaziado apenas para reparos. A técnica de fluxo contínuo se caracteriza por uma produção de gás uniforme e uma utilização eficiente do espaço do biodigestor. No entanto, existe o risco de curto-circuito no biodigestor, ou seja, que uma pequena parte do substrato recém-introduzido saia de imediato do biodigestor.

Além disso, o reservatório de biofertilizantes aberto é uma fonte de emissões de gás metano. Armazena-se os biofertilizantes em local estanque a gases, de forma que a técnica de fluxo contínuo futuramente perderá a importância.

Técnica combinada de fluxo contínuo e armazenamento. Usinas de biogás que operam segundo a técnica combinada de fluxo contínuo e armazenamento incluem também o reservatório de biofertilizantes. O biogás que aqui chega pode ser coletado e aproveitado. Assim, o reservatório de biofertilizantes funciona como um tanque pulmão. A jusante desse tanque pulmão se encontra instalado um reator de fluxo contínuo. Do reator de

fluxo contínuo também pode ser retirado substrato. Por exemplo, quando há uma grande demanda por substrato fermentado para fins de adubação.



Tal técnica permite uma produção de gás uniforme. O tempo de retenção não pode ser determinado com exatidão, pois não se exclui a possibilidade de ocorrência de curtos-circuitos no reator de fluxo contínuo. Essa variante representa o estado da técnica. Os custos de investimento do reservatório de biofertilizantes podem ser sucessivamente refinanciados pela produção adicional de gás.

6.5.2.2 Alimentação descontínua. Na fermentação em batelada, enche-se completamente o biodigestor com substrato fresco, fechando-o hermeticamente na sequência. O substrato permanece no reservatório até o fim do tempo de retenção selecionado, sem que haja retirada ou adição de mais substrato.

Ao fim do tempo de retenção, o biodigestor é esvaziado e enchido com substrato fresco, e uma parte do material decomposto pode permanecer no reservatório a fim de inocular a carga seguinte. Para o rápido enchimento e esvaziamento do reservatório de batelada, são necessários também reservatórios de armazenamento e depósito.

A taxa de produção de gás no processamento intermitente varia ao longo do tempo. Após o enchimento, a produção de gás se inicia lentamente. Conforme o substrato, ela atinge o seu pico após alguns dias e começa a decrescer gradativamente. Com isso, não é possível atingir produção e qualidade do gás constantes com apenas um biodigestor, o que pode ser compensado pelo enchimento de vários biodigestores com intervalos de tempo entre si (bateria de reservatórios).

Isso permite a operação respeitando com precisão o tempo mínimo que o material deve ficar retido. Na prática, o processamento em batelada com biodigestor simples tem pouca relevância, tendo o processamento em bateria aplicação em biodigestores do tipo garagem (fermentação a seco).

6.5.3 Número de fases e estágios do processo. Entende-se por fase do processo o meio biológico –fase de hidrólise ou fase de metanização –, com as respectivas condições específicas de processo, tais como valor do pH e temperatura. O processamento em um único reservatório é denominado sistema monofásico.

Quando as fases de hidrólise e metanização são realizadas em reservatórios diferentes, o sistema é denominado bifásico. Já estágio é o termo usado para descrever o reservatório do processo, independentemente da fase biológica.

Assim, uma configuração composta, por exemplo, de tanque de carga, biodigestor e reservatório de pósdigestão, comum no meio agrícola, é monofásica, mas tem três estágios.

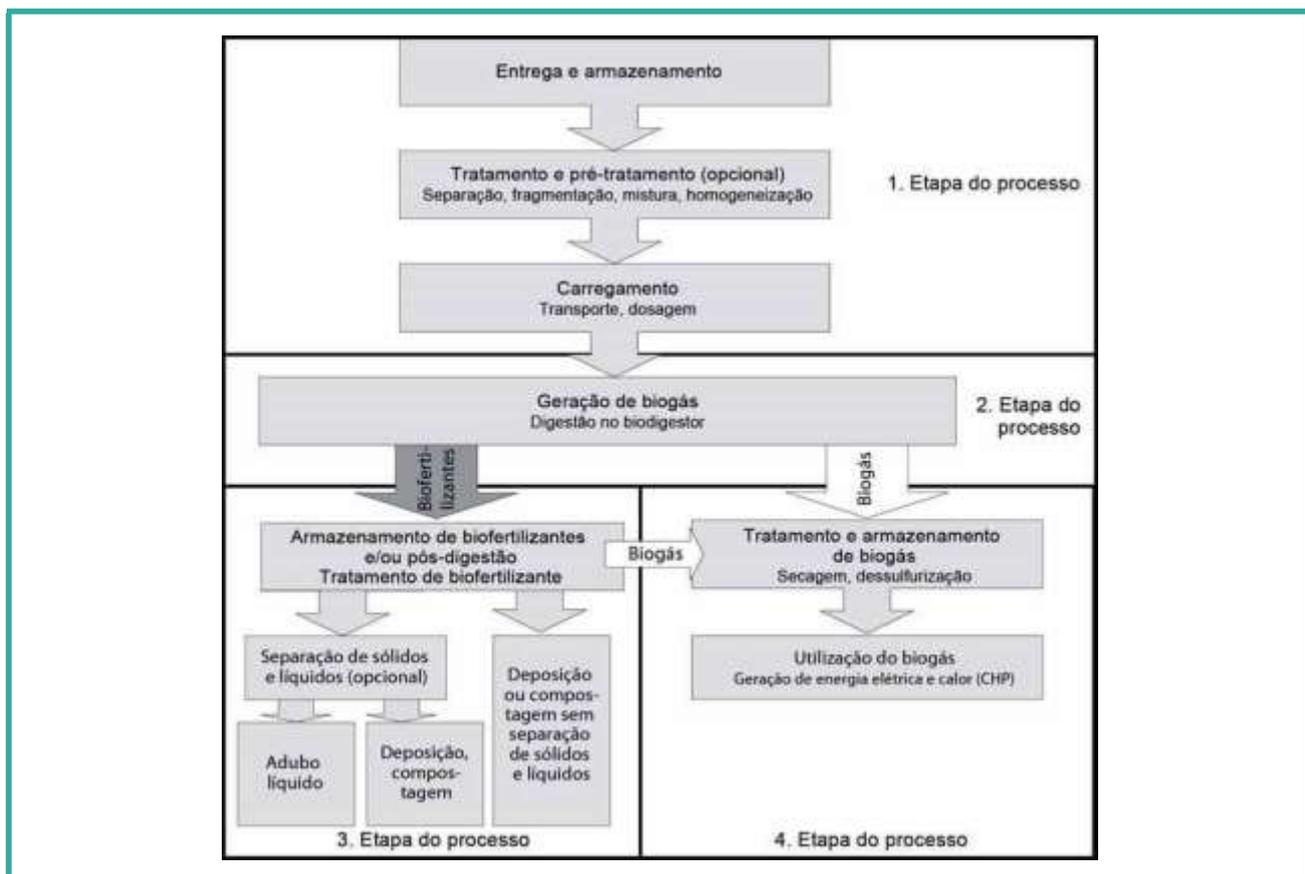
O tanque de carga aberto não representa uma fase em si. Em contrapartida, o reservatório de alimentação fechado é considerado uma fase (fase de hidrólise). Ambos – o biodigestor e o pós-digestor –pertencem à fase de metanização.

Em usinas de biogás agrícolas como a do coco verde, podemos utilizar principalmente a variante de uma fase ou de duas fases, sendo a maioria do tipo monofásica.

6.6. Técnica de processamento. Qualquer que seja a modalidade operacional, uma usina de biogás agrícola como a da biomassa do coco verde geralmente pode ser dividida em quatro etapas de processamento:

1. Gerenciamento do substrato (entrega, armazenamento, tratamento, transporte e carregamento)
2. Geração de biogás
3. Armazenamento, preparação e deposição de biofertilizantes
4. Armazenamento, purificação e utilização do biogás

Cada uma das etapas é ilustrada detalhadamente abaixo:



As quatro etapas não são isoladas entre si, existindo uma forte interdependência, principalmente entre a segunda e a quarta etapa, pois esta normalmente disponibiliza o calor necessário para aquela. A purificação e a utilização do biogás pertencentes à etapa 4 e a preparação e o tratamento dos biofertilizantes.

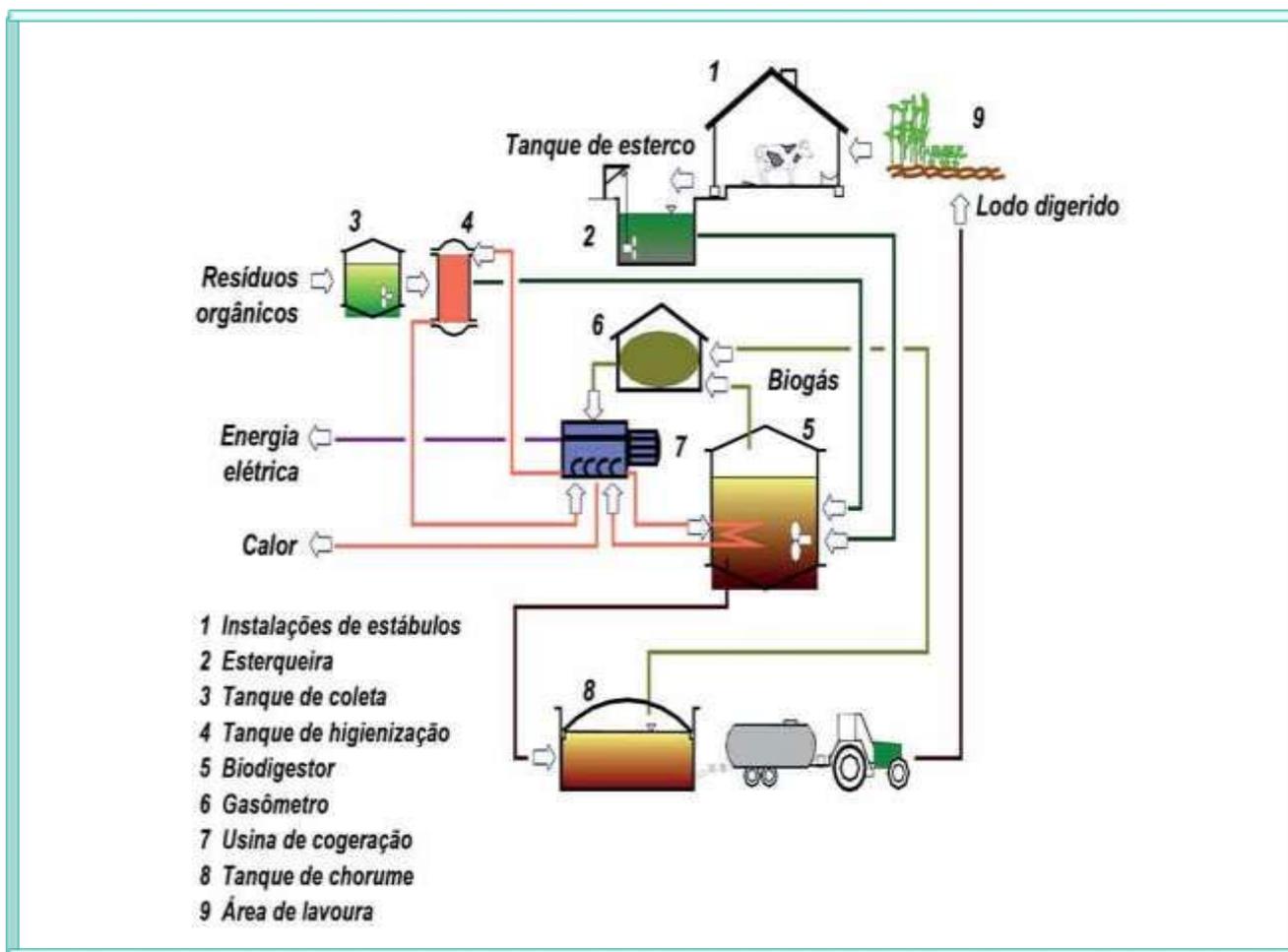
A escolha do equipamento técnico a ser utilizado na usina depende principalmente do substrato disponível. A quantidade de substrato determina o dimensionamento de todos os equipamentos e volumes de reservatórios. A qualidade dos substratos (teor de matéria seca, estrutura, origem, etc.) determina qual tecnologia será adotada no projeto.

Dependendo da composição do substrato, pode ser necessário separar materiais estranhos ou misturá-lo com adição de água a fim de torná-lo bombeável. É necessário, também, planejar uma higienização, caso sejam utilizadas substâncias que o exijam. Após o pré-tratamento, o substrato chega ao biodigestor, onde será fermentado.

Na digestão úmida, geralmente são utilizados equipamentos, de um ou dois estágios, que operam com a técnica de fluxo contínuo. No sistema de dois estágios, a montante do biodigestor principal, é instalado um pós-digestor. O substrato é encaminhado do biodigestor ao pós-digestor, no qual se dá a decomposição das substâncias de difícil degradação.

Os biofertilizantes são armazenados em reservatórios fechados, com captação de biogás, ou em reservatórios abertos, e normalmente aplicados em áreas agrícolas, como na forma de adubo líquido.

O biogás produzido durante a fermentação é armazenado e purificado, e sua utilização se dá principalmente em usinas de cogeração para a produção combinada de calor e eletricidade. A figura abaixo mostra os componentes, módulos e equipamentos essenciais de uma usina de biogás agrícola do coco verde de um estágio, para cosubstratos com higienização.



As etapas do processo podem ser vistas a seguir: da primeira etapa (armazenamento, preparação, transporte e carregamento dos substratos) fazem parte o tanque de carga ou de esterco (2), o de coleta (3) e o de higienização (4). A geração do biogás constitui a segunda etapa do processo e acontece no reator de biogás (5), também denominado biodigestor. A terceira etapa envolve o tanque de biomassa fermentada (8) ou depósito de biofertilizantes, e a aplicação do substrato digerido em lavouras (9). Realizada no gasômetro (6) e na usina de cogeração (7), a quarta etapa se encarrega do armazenamento, limpeza e utilização do biogás. Cada uma das etapas será abordada em detalhe mais adiante.

6.6.1 Gerenciamento de substrato

6.6.1.1 Entrega. A entrega tem importância somente nos casos em que cossustratos de fontes externas são utilizados. Por razões de ordem contábil e de registro de comprovação, na entrega do substrato deve ser realizada pelo menos uma inspeção visual, objetivando garantir as exigências de qualidade. Cada vez mais, as usinas de grande porte de fermentação de biomassas dedicadas vêm utilizando métodos de teste rápido para a inspeção da matéria seca e, em parte, da fração de ração. Isso acontece com o objetivo de garantir a conformidade às condições do contrato de fornecimento e o pagamento justo.

Em essência, deve-se pesar o substrato fornecido e registrar todos os dados de entrada. Substratos declarados como resíduos merecem especial atenção, uma vez que, conforme a sua classificação, pode-se exigir que sejam documentados ou que se satisfaçam exigências de autoridades. Por essa razão, também são coletadas amostras de reserva de substratos críticos para uso posterior.

6.6.1.2 Armazenamento. Essencialmente, a função de depósitos de substrato é manter uma quantidade necessária de substrato para alimentar o sistema de algumas horas até dois dias. A concepção do depósito depende dos substratos utilizados. A área necessária para o depósito é definida conforme as quantidades de matéria esperadas e os períodos em que o fluxo de substrato deverá ser equilibrado. Se houver aquisição de cossustratos, estipulações contratuais, tais como quantidade e frequência do fornecimento, são fatores a serem considerados.

Se a higiene dos cossustratos for crítica – substratos de origem industrial, por exemplo – deve-se garantir rigorosamente a estrita separação entre a estação de recebimento e as operações agrícolas. Deve-se excluir a possibilidade de que substratos críticos do ponto de vista higiênico se misturem a substratos inócuos antes da aplicação de medidas de higienização.

O uso de depósitos fechados para reduzir odores não se deve somente a exigências da legislação de emissões. O abrigo em galpões é uma possibilidade. Além do armazenamento, estruturas desse tipo permitem também a recepção e preparação dos substratos. Nelas, é possível capturar o ar exalado e transportá-lo para equipamentos de purificação de ar (p. ex. por lavadores e/ou filtros biológicos).

Em usinas de digestão de resíduos, esses galpões são frequentemente equipados com um sistema de subpressão que, além de aspirar o ar, evita em grande parte a saída de odores. Os galpões possibilitam a redução de odores e protegem os equipamentos, permitindo a operação e o controle independentemente das condições climáticas. Eles podem, também, ser uma forma de atender a regulamentos de proteção contra ruídos.

6.6.1.3 Tratamento. O tipo e o escopo da preparação dos substratos influenciam a sua utilidade geral no que tange ao conteúdo de material estranho, tendo, assim, influência direta na disponibilidade da tecnologia da usina. Além disso, uma preparação adequada permite influenciar positivamente o processo fermentativo, o que possibilita explorar ao máximo o potencial energético dos substratos utilizados. Classificação e remoção de materiais estranhos. A necessidade de classificar e remover materiais estranhos vincula-se à origem e composição do substrato. Os materiais estranhos mais comuns são as pedras, que na maioria dos casos são removidas regularmente do fundo do tanque de carga. São também utilizados separadores de materiais pesados, acoplados diretamente ao condutor do substrato,



Separador de materiais pesados em tubulação

Outros materiais estranhos são separados manualmente na entrega do substrato ou durante o enchimento do equipamento de alimentação. Outra importante fonte de materiais estranhos são os resíduos orgânicos. Quando utilizados como cossustrato, observar se os resíduos estão livres de materiais estranhos. A maioria das empresas agrícolas não dispõe dos recursos exigidos pela onerosa separação por meio de câmaras de classificação ou vias mecânicas de preparação, utilizadas em usinas dedicadas ao processamento de resíduos orgânicos.

Biodigestores do tipo garagem, por outro lado, são praticamente insensíveis a materiais estranhos, uma vez que o transporte do substrato é realizado principalmente por carregadeiras e garras. Isso exclui a possibilidade de contato com componentes sensíveis a materiais estranhos, tais como bombas, guarnições e transportadores helicoidais.

6.6.1.4. Fragmentação do substrato. A fragmentação do substrato torna a sua superfície acessível ao processo de biodegradação e, portanto, à produção de metano. De modo geral, embora a taxa da biodegradação aumente com substratos mais fragmentados, o rendimento de gás não é necessariamente maior. Entre outros fatores, a geração de metano é produto da interação entre o grau de fragmentação e o tempo de permanência. Nisso reside a importância de se adotar a tecnologia correta.

O equipamento para fragmentar o substrato sólido pode ser instalado externamente, antes do ponto de carregamento no tanque de carga, canalização ou biodigestor. A gama de equipamentos inclui picadores, moinhos, esmagadores, bem como eixos e transportadores helicoidais dotados de dispositivos de corte e dilaceramento.



Moinho de martelo e de rolo para fragmentação de substratos sólidos

É muito comum a utilização de eixos com palhetas e roscas de transporte com facas em unidades combinadas de dosagem e alimentação.



Reservatório de alimentação com desagregador

Dada sua ampla gama de aplicações, as propriedades das unidades de fragmentação são resumidas para equipamentos para dosagem direta de sólidos em combinação com unidades de alimentação e dosagem e para moinhos e picadores.

Ao contrário dos sólidos, que necessitam ser fragmentados antes de seu encaminhamento para o tanque de carga, tubulação ou biodigestor, os líquidos contendo sólidos ou fibras podem ser fragmentados diretamente no tanque de carga, em outros reservatórios de mistura ou na tubulação. Isso pode ser necessário em substratos e misturas de substratos

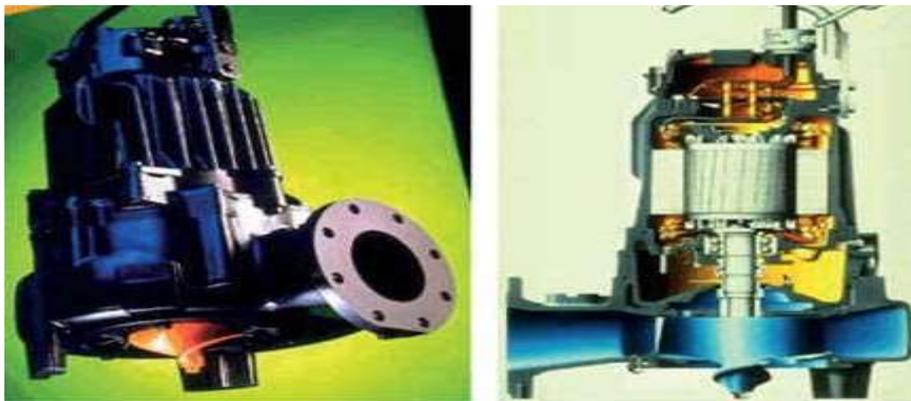
cuja consistência signifique risco para o equipamento de alimentação (normalmente uma bomba).

A fragmentação pode ser realizada, por exemplo, por agitadores de fragmentação separados na fossa localizada antes do biodigestor, embora seja comum o acoplamento direto entre o triturador e a tubulação de transporte desse substrato, ou mesmo a combinação em um único equipamento.

Geralmente, os equipamentos são tracionados por motor elétrico. Em alguns casos, é possível conectá-los ao eixo de tração de um trator.



Fragmentação de substrato na linha de transporte (triturador de prato perfurado)



Bomba submersível com arestas de corte no rotor da unidade de fragmentação e transporte

6.6.1.5. Mistura, homogeneização. Na digestão úmida, a mistura do substrato permite aumentar o seu teor de umidade, tornando-o bombeável e possibilitando o seu transporte até o biodigestor. Ela se dá, normalmente, no tanque de carga ou outro reservatório, imediatamente antes do carregamento do substrato no processo de fermentação.

A mistura é realizada com resíduos (prensados), águas residuárias ou excepcionalmente com água fresca, conforme a disponibilidade desses recursos. O uso de biofertilizantes líquidos pode reduzir o consumo de água fresca e oferece a vantagem de já inocular o substrato com bactérias do processo de digestão antes de sua chegada ao biodigestor.

Assim, esse procedimento é muito indicado após a higienização ou no fluxo em pistão, também denominado fluxo pistonado. Se possível, evitar o uso de água fresca em função do custo elevado.

No uso de água de processos de limpeza para a mistura, considerar que desinfetantes podem prejudicar o processo de fermentação, uma vez que esse tipo de substância tem efeito negativo sobre a microbiota no biodigestor.

A homogeneidade do substrato introduzido é de suma importância para a estabilidade do processo fermentativo. A oscilação da carga e a troca da composição do substrato exigem que os microrganismos se adaptem às diferentes condições, o que se reflete negativamente no rendimento de biogás.

Via de regra, os substratos bombeáveis são homogeneizados por meio de agitadores no tanque de carga. A homogeneização também pode ocorrer no biodigestor se forem realizados o bombeamento direto de substratos diferentes, no caso de líquidos, ou a introdução direta, no caso de sólidos.

A tecnologia de agitadores é apresentada na seção "Agitadores". A mistura em um tanque de carga corresponde, grosso modo, aos sistemas de biodigestores de mistura completa.

6.6.1.6. Higienização. Sob determinadas circunstâncias, é necessário integrar à usina de biogás um processo de pré-tratamento térmico, para que atenda à conformidade dos critérios previstos pela legislação relativos a grupos de substâncias críticas do ponto de vista fitossanitário e epidemiológico. O pré-tratamento se dá pelo aquecimento das substâncias a uma temperatura de 70 °C por no mínimo uma hora.

Outro método de extermínio dos germes é a esterilização sob pressão, em que o substrato é pré-tratado por 20 minutos a uma temperatura de 133 °C e sob uma pressão de 3 bar. Essa técnica, no entanto, é bem menos comum que a higienização a 70 °C. Com as dimensões dos recipientes utilizados para a higienização e o gasto de energia dependendo da quantidade processada, a higienização normalmente é feita antes que os substratos críticos do ponto de vista higiênico sejam carregados no biodigestor.

Isso possibilita a higienização apenas das substâncias críticas e, desse modo, o dimensionamento do processo de higienização de forma econômica (higienização parcial do fluxo).

Também é possível realizar uma higienização completa do fluxo de substâncias introduzidas ou do material fermentado. Uma das vantagens da higienização localizada antes do biodigestor é que, até certo ponto, o substrato é termicamente decomposto, o que, conforme suas propriedades, facilita a sua fermentação.

A higienização pode ser realizada em tanques de aço, hermeticamente fechados, que permitem o aquecimento. Comumente são utilizados tanques do ramo de tecnologia de rações. A higienização é monitorada e registrada utilizando dispositivos de medição do nível de enchimento, temperatura e pressão. Após a higienização, a temperatura do

substrato é maior que aquela encontrada no interior do biodigestor. Dessa forma, o substrato higienizado presta-se para o preaquecimento de outros substratos ou pode ser introduzido diretamente no biodigestor para aquecê-lo. Se o uso do calor do substrato higienizado for tecnicamente inviável, é necessário o arrefecimento adequado até o nível de temperatura do biodigestor.



Higienização com resfriamento

6.6.1.7. Decomposição preliminar aeróbica. Na digestão seca pela técnica de garagem, é possível aerar o substrato antecipadamente, antes do início do processo fermentativo propriamente dito. Os processos de compostagem ativados pela adição de ar são acompanhados do aquecimento do substrato para 40 a 50 °C. Com duração de dois a quatro dias, a decomposição preliminar tem a vantagem de iniciar a quebra celular e permitir o autoaquecimento do material, poupando o biodigestor da necessidade de ter componentes adicionais de aquecimento.

Sua desvantagem, no entanto, é que a matéria orgânica já decomposta não está mais disponível para a produção de biogás.

6.6.1.8. Hidrólise. No processamento monofásico com cargas elevadas, existe o risco de que o sistema biológico no reator entre em desequilíbrio, ou seja, que nas fermentações primária e secundária a formação de ácidos ocorra mais rapidamente que a sua oxidação na metanogênese.

Além disso, a eficiência no uso do substrato decresce com o aumento da carga orgânica volumétrica e dos tempos de retenção curtos. Em casos extremos, pode ocorrer acidificação e colapso do biodigestor. Para contornar esse problema, os processos de hidrólise e de acidificação podem ser realizados antes de atingir o biodigestor, em tanques separados, ou pode-se ter um espaço isolado no interior do biodigestor por meio de estruturas especiais.

A hidrólise pode ocorrer sob condições aeróbias e anaeróbias e com valores de pH entre 4,5 e 7. Temperaturas de 25 a 35 °C, geralmente suficientes, podem ser elevadas para 55 a 65 °C a fim de proporcionar maior taxa de degradação. Como local de armazenagem, podem ser usados diferentes reservatórios de alimentação (verticais, horizontais) com seus respectivos equipamentos, tais como agitador, capacidade de aquecimento e isolamento.

A alimentação de substrato pode ser contínua ou em batelada. Deve-se observar que o gás de hidrólise contém hidrogênio em grande parte. No sistema anaeróbio, a emissão dos gases de hidrólise na atmosfera pode significar perdas energéticas com relação ao volume de biogás gerado. Além do mais, isso representa um problema de segurança, uma vez que a mistura de hidrogênio com ar pode formar uma atmosfera explosiva.

Valores característicos

- Capacidade: específica do sistema, tanques de higienização com, p. ex., 50 m³
- Aquecimento: interno ou em tanque de parede dupla
- Duração: o dimensionamento deve considerar o tempo de uma hora de higienização (a 70 °C) para enchimento, aquecimento e esvaziamento

Aplicação

- em tanques de higienização comuns, o substrato deve ser bombeável e, conforme a necessidade, receber um pré-tratamento antes da higienização

Particularidades

- inclusão obrigatória de um dispositivo para o registro do processo de higienização
- o substrato quente higienizado não deve ser introduzido diretamente no biodigestor, pois a microbiota não suporta elevadas temperaturas (em fermentação parcial, é possível realizar a mistura direta)
- a mistura de material patogênico com material inócuo é inadmissível
- conforme o substrato, é possível a ocorrência de depósitos de areia e substâncias pesadas

Formas construtivas

- tanques de aço de parede simples com aquecimento interno ou tanques de aço com parede dupla dotada de aquecimento ou com trocadores de calor de contrafluxo
- impermeável a gases e conectada à tubulação pendular de gás, ou não impermeável a gases dotada de exaustão do tanque, se necessário, por meio de purificador de ar

Manutenção

- o tanque deve ter, no mínimo, uma porta de inspeção
- observar as normas de segurança durante trabalhos em tanques fechados (respeitar também as normas de segurança para gases)
- manutenção necessária conforme os equipamentos instalados (sensores de temperatura, agitadores, bombas); o tanque em si não deve exigir manutenção.

6.6.1.9. Desintegração. A desintegração é a destruição da estrutura da parede celular e liberação de todo o conteúdo celular, o que aumenta a disponibilidade do substrato para os microrganismos, elevando, por conseguinte, a taxa de decomposição. Para isso, são utilizados processos térmicos, químicos, bioquímicos e físicos/mecânicos para promover a quebra celular. Processos possíveis são a elevação da temperatura até $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ sob condições normais de pressão ou $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ em ambiente pressurizado, a hidrólise anteriormente citada, a adição de enzimas, ou, na categoria de métodos mecânicos, a aplicação de desintegração ultrassônica.

Por um lado, a eficácia de cada um dos processos depende, em grande parte, do substrato e da forma como foi preparado. Por outro lado, todos os processos exigem energia adicional, seja ela elétrica ou térmica, o que se contrapõe diretamente ao possível ganho de eficiência. Antes de integrar processos desse tipo, deve-se realizar testes e análises adicionais do substrato tratado, a fim de se estimar o ganho efetivo desse estágio de desintegração, embasando tal avaliação do ponto de vista econômico e considerando os ganhos e perdas financeiros.

6.6.1.10. Transporte e carregamento. Do ponto de vista dos processos biológicos, a situação ideal para se obter um processo fermentativo estável é que o fluxo de substrato seja contínuo.

Como isso raramente pode ser observado na prática, a regra é que o carregamento de substrato no biodigestor se dê de maneira semicontínua. A adição do substrato se dá em várias cargas ao longo do dia. Em consequência disso, os equipamentos utilizados no seu transporte não operam continuamente. Isso é de suma importância no dimensionamento dos componentes.

A constituição do substrato é um fator essencial na determinação da tecnologia adotada para o seu transporte e carregamento, de modo que substratos bombeáveis e empilháveis exigem diferentes tipos de equipamentos.

No seu carregamento no biodigestor, deve-se prestar especial atenção à temperatura do substrato. Diferenças muito grandes na temperatura do material e do biodigestor, por exemplo, no carregamento após o estágio de higienização, ou durante o inverno, influenciam fortemente a biologia do processo e reduzem a produção de gás. Em alguns casos, adotam-se soluções técnicas, como trocadores de calor e tanques de carga aquecidos.

6.6.1.11. Transporte de substrato bombeável. O transporte de substratos bombeáveis na usina de biogás se dá, principalmente, por meio de bombas movidas a motores elétricos. As bombas podem ser controladas por temporizadores ou computadores, permitindo automatizar o processo parcial ou completamente. Em muitos casos, todo o transporte do substrato na usina é realizado de forma centralizada, por uma ou duas bombas localizadas em uma cabine de controle ou estação de bombas.

A colocação da tubulação se dá de forma que todas as situações operacionais – tais como alimentação, esvaziamento completo dos tanques, avarias, entre outras – possam ser controladas por meio de válvulas guilhotina de fácil acesso.



Bombas em uma usina de biogás

Deve-se assegurar que as bombas sejam facilmente acessíveis e à volta delas seja deixado suficiente espaço para o trabalho. Apesar das medidas preventivas e da boa preparação do substrato, existe a possibilidade de entupimento das bombas, o que deve ser rapidamente reparado. Outro aspecto importante é o fato de as peças móveis das bombas sofrerem desgaste. Elas estão sujeitas a elevados esforços e necessitam ser substituídas sem que a usina cesse o seu funcionamento.

Por essa razão, as bombas devem dispor de válvulas de gaveta, para que possam ser desligadas da rede de fornecimento antes dos trabalhos de manutenção. As usinas se servem quase exclusivamente de bombas de deslocamento positivo ou bombas centrífugas, adotadas também nos equipamentos de processamento de esterco líquido.

A escolha das bomba adequadas, no que se refere à potência e características de transporte, depende, em grande parte, dos substratos utilizados e de seu grau de preparo ou teor de matéria seca. Para proteger o equipamento, à frente das bombas podem ser instalados unidades de corte e trituração e separadores de corpos estranhos, ou pode-se

optar por bombas cujos elementos de deslocamento são equipados com dispositivos de trituração.

6.6.1.12. Bombas centrífugas. O uso de bombas centrífugas é amplamente difundido nos equipamentos de processamento do líquido do coco verde, sendo especialmente apropriadas para substratos líquidos. Esse modelo de bomba é composto de uma carcaça fixa dotada de um rotor. O meio a ser deslocado é acelerado com o auxílio do rotor, e no bico de pressão da bomba centrífuga o aumento de velocidade resultante é convertido em altura manométrica, i.e., pressão de bombeamento. Conforme os requisitos, o rotor pode ter diferentes tamanhos e formas. Um dos tipos especiais é a bomba com anel triturador, cujo rotor é dotado de arestas cortantes para triturar o substrato.

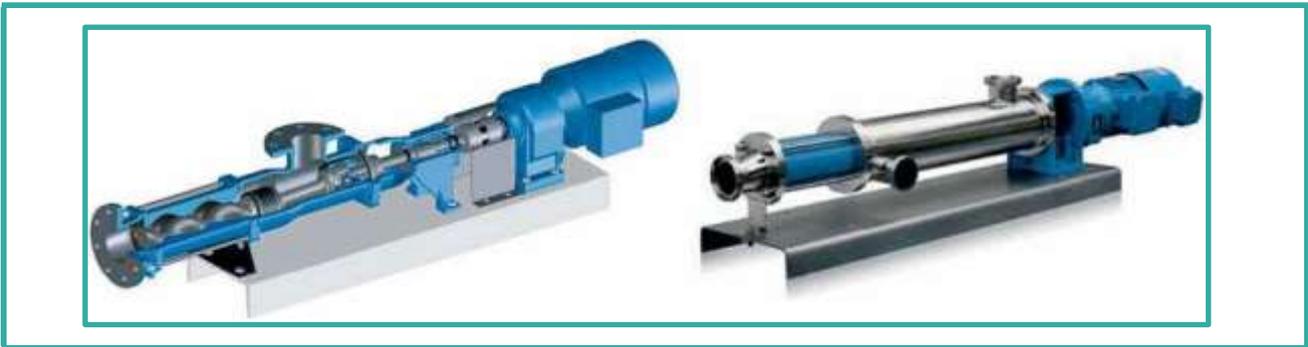
6.6.1.13. Bombas de deslocamento positivo. As bombas de deslocamento positivo encontram aplicação no transporte de substratos viscosos com elevado teor de matéria seca. Nessas bombas, a quantidade transportada é determinada pela velocidade de rotação.

Essa característica alia o melhor grau de controle à exatidão na dosagem do substrato. Elas são autoaspirantes e apresentam pressão mais estável que as bombas centrífugas, o que faz com que o fluxo volumétrico dependa menos da altura manométrica.

Em virtude de as bombas de deslocamento positivo serem relativamente suscetíveis a materiais estranhos, recomenda-se proteger a bomba contra elementos fibrosos ou de maiores dimensões, com equipamentos de fragmentação e separadores de materiais.

São utilizadas, principalmente, bombas de lóbulos e bombas de cavidade progressiva. Bombas de cavidade progressiva possuem um rotor, em forma de saca-

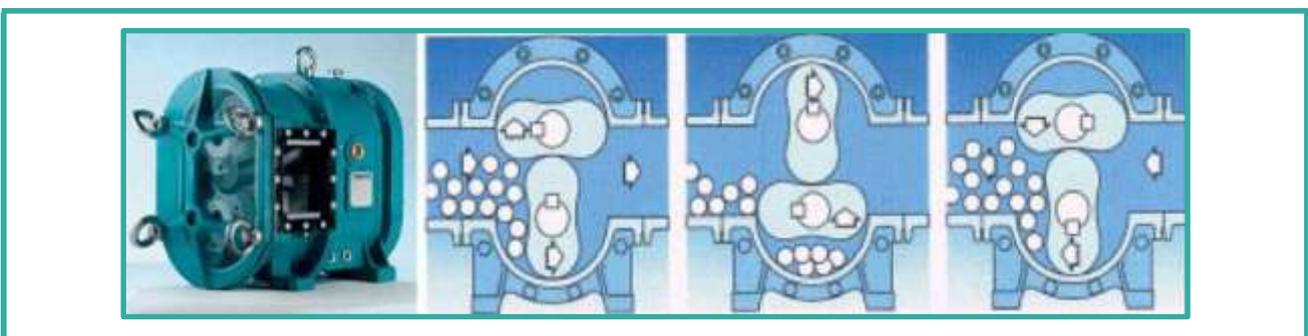
rolhas, que gira em um estator de material elástico. O giro do rotor origina um espaço vazio em movimento, no qual o substrato é transportado.



Bomba de cavidade progressiva

A bomba de lóbulos é alojada em uma carcaça oval e possui dois pistões rotativos girando em direções contrárias, cada um composto de dois a seis lóbulos. Os dois pistões rolam um sobre o outro com pouca folga axial e radial, sem encostar entre si nem tocar a carcaça, e são construídos de forma que, em qualquer posição, a câmara de sucção seja bloqueada pela de pressão.

No transporte, os espaços originados na câmara de sucção são preenchidos com o meio bombeado, e este é transportado para a linha de recalque. O princípio de funcionamento da bomba de lóbulos se encontra abaixo:



Bomba de lóbulos (esquerda), princípio de bombeamento do pistão rotativo (direita)

6.6.1.14. Transporte de substratos empilháveis. Na digestão úmida, substratos empilháveis devem ser transportados até o ponto de carregamento ou até a mistura. A

maior parte do percurso é realizada com um carregador convencional. Somente na alimentação automática é que são utilizadas esteiras rolantes, barras de empurramento e transportadores helicoidais.

Esteiras rolantes e barras de empurramento são capazes de transportar, horizontalmente ou em leve aclive, praticamente qualquer tipo de substrato empilhável. Não podem, porém, ser utilizadas para dosagem. Elas permitem a utilização de reservatórios de alimentação grandes.

Transportadores helicoidais transportam substratos empilháveis em quase todas as direções, exigindo apenas que o substrato seja isento de pedras grandes, esteja suficientemente fragmentado para que caiba na espiral da rosca e possa ser por ela transportado.

Sistemas automáticos de alimentação de substrato empilhável são comumente combinados a equipamentos de carregamento, formando uma unidade na usina de biogás.

Nas conhecidas usinas de digestão de sólidos tipo garagem, os substratos empilháveis são movidos exclusivamente com carregadeiras ou diretamente por reboques equipados com piso móvel ou equipamento semelhante.

6.6.1.15. Carregamento do substrato bombeável. Substratos bombeáveis normalmente são depositados em tanques de carga de concreto impermeáveis, localizados no solo, nos quais o esterco líquido acumulado é armazenado e homogeneizado. Os tanques de carga devem ser dimensionados para armazenar uma quantidade suficiente para abastecer a usina durante um a dois dias.

Frequentemente são utilizadas as esterqueiras existentes na propriedade agrícola. Se a usina não permitir uma forma de alimentação separada e direta de cossustratos, no

tanque de carga os substratos empilháveis também são misturados, fragmentados, homogeneizados e, quando necessário, submetidos à mistura para originar um material bombeável.

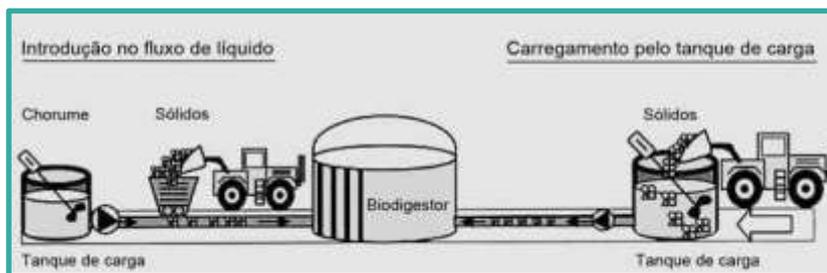


Enchimento do tanque de carga e alimentação

Também é possível alimentar o biodigestor, ou os reservatórios de alimentação, com substratos ou cossustratos líquidos, por meio de bocais padronizados.

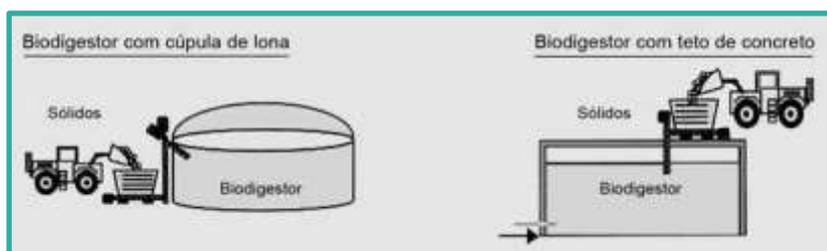
Nesse caso, o reservatório de alimentação deve ser adaptado às características do substrato. Entre as especificações exigidas, destacam-se o uso de materiais quimicamente resistentes, a possibilidade de aquecimento, dispositivos de mistura e coberturas impermeáveis a gases e para a mitigação de odores.

6.6.1.16. Carregamento de substratos empilháveis. A introdução de sólidos no biodigestor pode se dar direta ou indiretamente. Na introdução indireta, os substratos empilháveis passam pelo tanque de carga ou pelo condutor do substrato antes de atingirem o Biodigestor.



Introdução indireta de substrato sólido

A introdução direta de sólido dispensa a etapa de mistura no tanque de carga ou no condutor de líquido, permitindo a colocação do substrato diretamente no biodigestor.



Introdução direta de substrato sólido

Assim, é possível aplicar cossustratos em intervalos regulares, independentemente do esterco. Também é possível aumentar o conteúdo da matéria seca no biodigestor, elevando a produtividade do biogás.

6.6.1.17. Alimentação indireta pelo tanque de carga. Caso a usina de biogás não disponha de um acesso separado para o carregamento de cossustratos, os substratos empilháveis são misturados, fragmentados e homogeneizados no tanque de carga e, se necessário, submetidos à mistura para a obtenção de consistência bombeável. Por essa razão, os

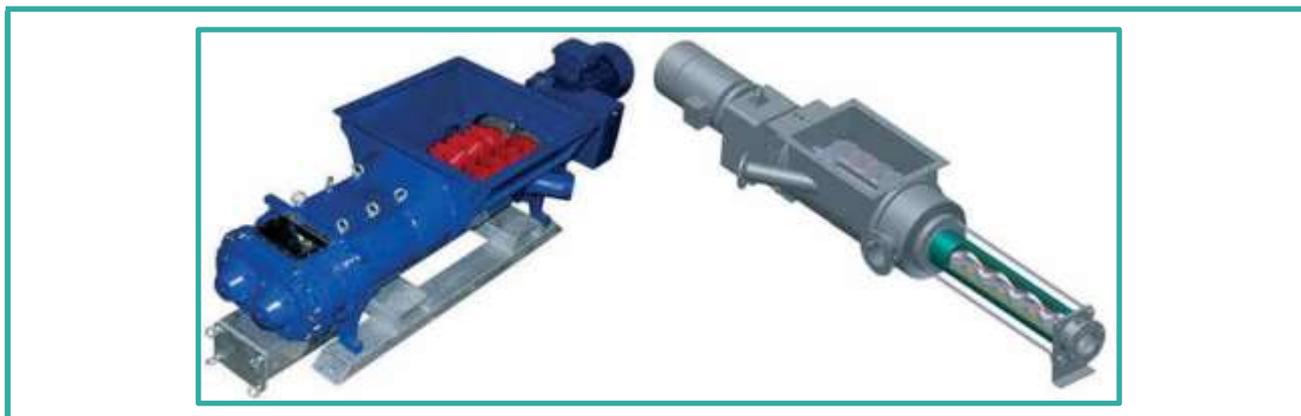
tanques de carga são equipados com agitadores e, nos casos em que a fragmentação do substrato se fizer necessária, ferramentas de corte e dilaceramento.

No processamento de substratos contendo material estranho, o tanque de carga assume também a função de separar pedras e camadas de sedimentos. Por meio de esteiras rolantes e transportadores helicoidais, esses materiais podem ser concentrados e retirados.

Caso o tanque de carga tenha de ser coberto para evitar a emissão de maus odores, a cobertura deve ser realizada de tal forma a não impedir a abertura do tanque para a retirada de substâncias sedimentadas.

O enchimento se realiza, por exemplo, por meio de carregadeiras ou outros equipamentos móveis, bem como por sistemas automatizados de carregamento de matéria sólida. A alimentação do biodigestor com a mistura de matéria líquida e sólida se dá por meio de bombas adequadas.

6.6.1.18. Introdução indireta no fluxo de líquido. Além da introdução pelo tanque de carga, existe a opção de inserir, no fluxo de líquido, substratos sólidos, tais como resíduos orgânicos utilizando unidades de dosagem adequadas, como bombas dotadas de tremonha.



Bombas dotadas de tremonha com bomba de lóbulos integrada (esquerda) e bomba de cavidade progressiva (direita)

A introdução pode ocorrer pela compressão no condutor do substrato ou por fluxo direto da unidade de alimentação. Durante a introdução do substrato, pode ocorrer fragmentação grossa.

A potência do equipamento de introdução pode ser ajustada conforme o teor de matéria seca e a quantidade de substrato a ser introduzida. Pode-se utilizar como fluxo de líquido de um tanque de carga/reservatório, ou o substrato de um equipamento de fermentação ou de depósitos. Sistemas desse tipo também são utilizados em usinas de biogás médias a grandes, uma vez que a construção modular permite flexibilidade e maior tolerância a falhas.

6.6.1.19. Introdução direta por meio de pistão de alimentação. No carregamento por meio de pistão de alimentação, os substratos são comprimidos, por um pistão hidráulico, diretamente para o interior do biodigestor, através de uma abertura na sua parede, localizada próxima ao fundo do biodigestor.

A introdução próxima ao solo faz com que o substrato se misture ao líquido, reduzindo com isso a formação de sobrenadante. O sistema é equipado com rolos misturadores, que se movimentam um contra o outro empurrando o substrato para o cilindro localizado abaixo deles e, ao mesmo tempo, fragmentando as fibras longas.

O sistema de introdução é normalmente combinado a um reservatório de alimentação ou se encontra instalado abaixo dele.



Carregamento de biomassa empilhável com pistão de alimentação

6.6.1.20. Alimentação direta por meio de transportador helicoidal. Na alimentação com transportadores helicoidais e roscas de alimentação, o substrato é pressionado por meio de roscas de pressão sob o nível do líquido no biodigestor. Isso garante que nenhum gás escape pela saída do transportador. Na variante mais simples, a dosadora se encontra sobre o biodigestor, sendo necessário apenas um transportador vertical para a alimentação.

Em caso contrário, a altura do biodigestor tem de ser vencida por meio de transportadores helicoidais inclinados. A alimentação pelo transportador helicoidal pode ser realizada com qualquer reservatório de alimentação, podendo esse ser dotado de mecanismos de fragmentação. Os valores característicos de sistemas de alimentação com transportadores helicoidais:



Carregamento de biomassa empilhável com transportador helicoidal

6.6.1.21. Transformação da biomassa em pasta. Os cossustratos, tais como a beterraba, são preparados com equipamentos de fragmentação de uso comum no processamento de beterrabas, conferindo-lhes uma consistência bombeável. O teor de matéria seca restante monta até a 18%.

Os substratos liquefeitos são armazenados em reservatórios adequados e, sem passar pelo tanque de carga, são bombeados diretamente para o biodigestor. Se o substrato-base utilizado for líquido, esse procedimento permite manter o conteúdo de massa seca no biodigestor em níveis reduzidos.

6.6.1.22. Calhas de alimentação. Calhas de alimentação se destacam pela robustez e são uma forma simples de introduzir substratos no biodigestor, o que pode ser feito por uma carregadeira, permitindo o reabastecimento de grandes quantidades de substrato em pouco tempo. Por ser barata e não exigir manutenção, essa técnica ainda é encontrada em usinas antigas de pequeno porte. Como a calha se encontra conectada diretamente ao

biodigestor, essa técnica pode resultar em fortes odores e escapamento de metano, não sendo, portanto, mais adotada na construção de novas usinas.

Carregamento de substratos empilháveis na fermentação a seco (princípio de garagem). O biodigestor de baia dispensa a alimentação automática, em função da sua facilidade de acesso. Além da alimentação, o esvaziamento também se dá por meio de equipamentos agrícolas convencionais, geralmente por carregadeira.

6.6.1.23. Válvulas e tubulações. As guarnições e tubulações devem ser resistentes à corrosão e à ação de substâncias. Guarnições, como acoplamentos, válvulas de gaveta, válvulas de retenção, aberturas para limpeza e manômetro, têm de estar em posição bem acessível, ser de fácil operação e instaladas de forma a não sofrer congelamento. Contêm informações sobre exigências quanto às tubulações e guarnições e podem servir de auxílio no cumprimento da legislação e das normas técnicas, no que tange às características de material, precauções de segurança e inspeções de estanqueidade visando à operação segura da usina de biogás. Deve existir a possibilidade de purgar o condensado em todos os segmentos da tubulação de gás, e a declividade da tubulação deve ser tal que pequenos afundamentos não originem pontos de topo não previstos na tubulação.



Tubulações e válvulas em uma estação de bombeamento, válvulas de gaveta

Isso se provou ser um fator de extrema importância. Em virtude das baixas pressões no sistema, pequenas quantidades de água condensada já são suficientes para ocasionar entupimento total da tubulação.

6.6.2 Geração de biogás

6.6.2.1 Tipos de biodigestor. O tipo de biodigestor adotado está intimamente ligado ao seu processo de fermentação. Na digestão de substrato, podem ser utilizados os processos de mistura completa, a técnica de fluxo pistonado ou processos especiais.



Plataforma de trabalho entre dois reservatórios com tubulação e dispositivos de alívio de pressão (esquerda); tubulação de gás com soprador compressor

6.6.2.2. Processo com mistura completa. A geração de biogás na agricultura utiliza, principalmente, reatores de mistura completa cilíndricos em posição vertical, perfazendo cerca de 90% do total de usinas. Os biodigestores se compõem de um reservatório com fundo de concreto e paredes de aço ou concreto armado. O reservatório pode ser parcial ou totalmente enterrado, ou ser posicionado completamente sobre o solo.

Sobre o reservatório é montada uma cobertura impermeável a gás, que pode ser construída de diferentes formas, conforme as exigências. São utilizados normalmente tetos de lona e concreto. A mistura completa é realizada por agitadores posicionados no interior do reator ou ao lado dele. As características específicas são mostradas abaixo:

Valores característicos

- permitem dimensões para capacidades de até 6.000 m³, embora maiores dimensões signifiquem maior complexidade técnica no controle de processos e na agitação
- normalmente confeccionados em aço ou concreto

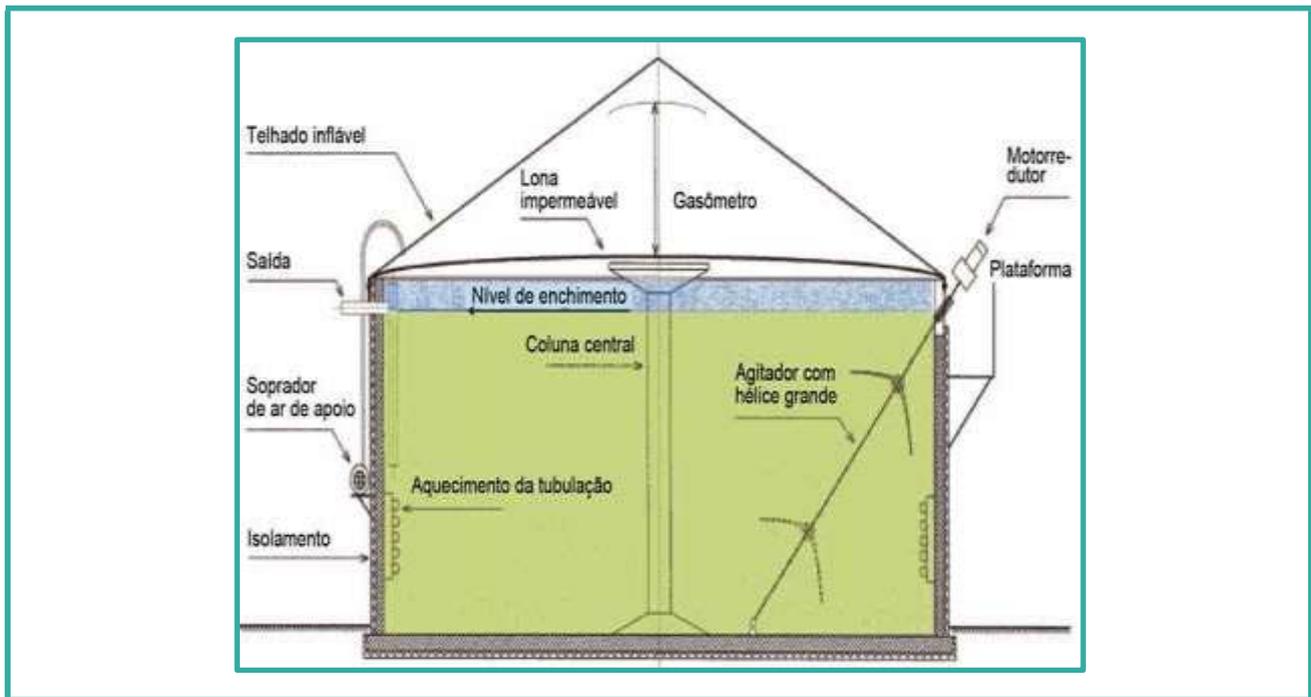
Vantagens + arquitetura de baixo custo em reatores com volume superior a 300 m³

+ operação variável entre regime de fluxo contínuo ou regime combinado de fluxo contínuo e armazenamento

+ conforme o tipo dos equipamentos, sua manutenção pode ser realizada sem exigir o esvaziamento do biodigestor

Particularidades • recomenda-se a retirada de alguns tipos de substrato com esteira rolante e transportador helicoidal para extração.

Manutenção • entrada facilitada por porta de inspeção



Biodigestor de mistura completa com agitador de eixo longo e demais equipamentos

6.6.2.3. Técnica do fluxo pistonado. Usinas de biogás que operam com fluxo em pistão ou pistonado – na digestão úmida denominada, também, usina de fluxo em tanque – tiram proveito do efeito de recalque do substrato fresco, introduzido para produzir um fluxo em forma de pistão através de um biodigestor com seção transversal circular ou retangular.

De forma geral, a agitação no sentido do fluxo é realizada por eixos com palhetas ou por uma canalização de fluxo especialmente construída para tal com as seguintes características:

Valores característicos

- dimensões: biodigestores horizontais até 800 m³, biodigestores verticais até aprox. 2.500 m³
- material: normalmente de aço ou aço inoxidável, também concreto armado

Vantagens

- + construção compacta e de baixo custo em usinas pequenas
- + separação dos estágios de digestão no fluxo pistonado
- + sobrenadantes e camadas de sedimentação evitados em função da arquitetura
- + cumprimento dos tempos de retenção pela eliminação de curtos-circuitos
- + tempos de retenção curtos
- + arquitetura compacta permite perda de calor reduzida e aquecimento eficiente
- + digestão úmida: podem ser utilizados agitadores potentes, confiáveis e que proporcionam economia de energia

Formas construtivas

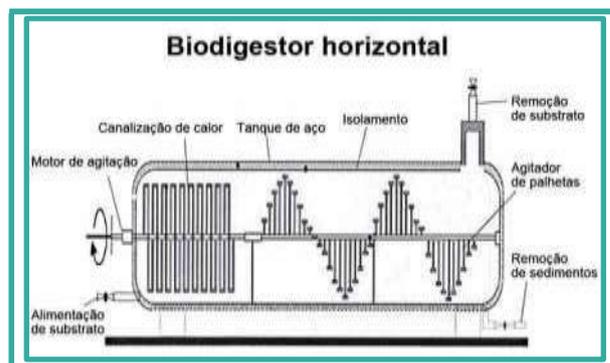
- reator de fluxo pistonado com seção transversal circular ou retangular
- podem ser fabricados na horizontal ou na vertical; é comumente utilizada a variante horizontal
- na arquitetura em pé, a técnica do fluxo pistonado é implementada normalmente com construções verticais, raramente horizontais
- podem ser operados com ou sem agitadores

Manutenção

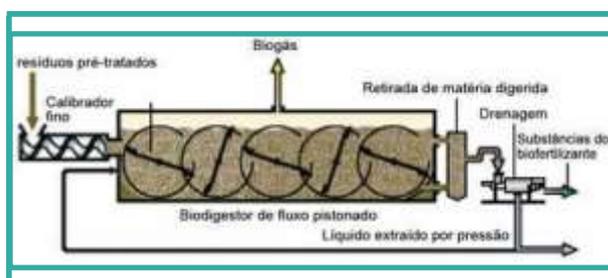
- deve haver, no mínimo, uma porta de inspeção para permitir o acesso ao reator em caso de avaria
- observar as normas de segurança durante trabalhos no biodigestor

Os biodigestores de fluxo pistonado se dividem, fundamentalmente, em horizontais e verticais. A agroindústria utiliza quase que exclusivamente a variante horizontal. Biodigestores verticais que operam sob o princípio do fluxo pistonado são, atualmente, de ocorrência isolada e não serão discutidos neste manual.

Esquema de construção, com exemplos das digestões seca e úmida.



Reator de fluxo pistonado (digestão úmida)



Reator de fluxo pistonado (digestão seca)

Os tanques de biodigestão, principalmente os horizontais e de aço, são confeccionados na fábrica e, então, fornecidos. O transporte do tanque até o local de uso, no entanto, só é possível até um determinado tamanho. O tanque pode ser utilizado como biodigestor principal para pequenas usinas ou como pré-digestor em usinas maiores, dotadas de digestor principal com mistura completa (reservatório circular).



Biodigestor de fluxo pistonado; exemplos práticos, cilíndrico (esquerda), retangular, com gasômetro montado no topo (direita)

Biodigestores horizontais também são operados em paralelo, visando a maiores produções. O princípio do fluxo pistonado reduz o risco de que substrato não completamente fermentado seja extraído do digestor, assegurando o tempo de retenção necessário para todo o material.

6.6.2.4. Processamento em batelada. O processamento intermitente ou em batelada se destina a usinas móveis do tipo container e a digestores de baia estacionários. Nos últimos anos, esses processos atingiram a maturidade para uso em escala comercial e se estabeleceram no mercado. Especialmente os biodigestores de baia feitos em concreto armado têm ampla aplicação na fermentação.

No processamento em batelada, os biodigestores são enchidos com biomassa e fechados hermeticamente. Os microrganismos do inóculo misturado ao substrato fresco aquecem o substrato na primeira fase, na qual é adicionado ar ao digestor. Isso provoca a liberação de calor associada ao processo de compostagem.

Depois de atingida a temperatura ideal, o fornecimento de ar é desligado. Após o consumo do oxigênio aplicado, entram em atividade os microrganismos que, como na digestão

úmida, começam a converter a biomassa em biogás. O biogás é capturado na tubulação coletora de gás e transferido para o local de geração de energia.

A prática provou ser adequada uma bateria de biodigestores com 2 a 8 unidades – em geral 4. Assim, é possível atingir uma produção semicontínua de gás. A bateria de biodigestores se encontra conectada a um reservatório de percolado, o qual coleta o líquido drenado dos digestores e o transforma em biogás.

Além disso, o líquido percolado é pulverizado sobre o material em fermentação no digestor, a fim de inoculá-lo. Um exemplo de biodigestor de baia e bateriade biodigestores.



Exemplo de biodigestor de baia; bateria de biodigestores e portão do biodigestor

6.6.2.5. Técnicas especiais. Existem outras técnicas que não se enquadram perfeitamente nas categorias anteriormente descritas e se distinguem das técnicas mais comuns de digestão seca e úmida. Uma série de novas abordagens foi criada e, atualmente, não é possível estimar que impacto elas terão no futuro.

Uma das técnicas especiais de digestão úmida, realiza a mistura do substrato em um processo de câmara dupla. Nesse processo, a recirculação do substrato é obtida pela formação de pressão resultante da produção de gás, seguida da perda de pressão ao ser

atingida uma determinada sobrepressão. Essa técnica dispensa o uso de energia elétrica para realizar a recirculação, embora a construção do biodigestor seja mais complexa. A agroindústria internacional conta com mais de 50 usinas de biogás baseadas nessa tecnologia. Seus volumes variam entre 400 e 6.000 m³, e sua aplicação se dá principalmente na fermentação de esterco com reduzidas frações de biomassa dedicada e na digestão de lodo.

Biodigestor de câmara dupla

No âmbito da digestão seca, o princípio de processamento em batelada evoluiu, originando diferentes formas. Sejam quais forem as variações, a técnica tem em comum o fato de processar em espaços fechados os substratos que podem ser despejados.

A fermentação em bolsas de plástico foi uma solução simples herdada da tecnologia de silagem. Nela, uma bolsa de plástico impermeável a gases e com até 100 m de comprimento, deitada sobre uma placa aquecível de concreto, é alimentada com substrato por meio de um equipamento de enchimento. O biogás é capturado por uma tubulação de coleta e transportado para uma usina de cogeração.

O reator sequencial em batelada (RSB) denomina os sistemas com carregamento pelo topo. A umidificação do substrato se restringe à percolação regular, até que o material a fermentar se encontre submerso.

O processo de dois estágios com biodigestores de baia com agitadores representa uma evolução da técnica. As roscas integradas aos digestores se encarregam de homogeneizar o material, que é então transportado para o estágio seguinte por meio de transportadores helicoidais. Os biodigestores de batelada são fabricados sem porta. O material despejável é encapsulado completamente, sendo introduzido e retirado por meio de transportadores helicoidais.

Um processo de digestão seca/úmida de dois estágios realiza em uma baia a hidrólise e a percolação do material. O líquido da hidrólise e da percolação é encaminhado para um tanque de hidrólise. Esse tanque alimenta o estágio de metanização. A técnica é capaz de iniciar e cessar a metanogênese em uma questão de poucas horas, sendo, portanto, adequada para a manutenção de reserva operacional.



Exemplos de configurações especiais na fermentação a seco; reator sequencial em batelada (esquerda), biodigestor de baia com agitador (centro), estágio de metanização da digestão seca/úmida e gasômetro externo (direita)

6.6.2.6. Estrutura dos biodigestores. Essencialmente, os biodigestores se compõem do reator de gás propriamente dito (construído com isolamento térmico), de um sistema de aquecimento, equipamentos de agitação e sistemas de retirada de sedimentos e do substrato digerido.

Estrutura dos reservatórios. Os biodigestores são confeccionados em aço, aço inoxidável ou concreto armado. Um ambiente saturado de água confere ao concreto armado suficiente impermeabilidade a gases. Essa umidade é garantida pela água contida no substrato e no biogás. Os biodigestores são moldados em concreto no local ou montados com peças pré-moldadas.

Desde que a estrutura do solo o permita, é possível enterrar o reservatório de concreto parcial ou totalmente. O teto do reservatório pode ser de concreto. Em reservatórios enterrados, ele pode ser projetado para permitir o trânsito de veículos, caso em que o armazenamento do biogás é realizado em um gasômetro externo.

Se o biodigestor tiver também a função de gasômetro, são utilizados tetos de lona impermeáveis a gases. Reservatórios maiores exigem que o teto de concreto seja apoiado por colunas centrais, o que, se não realizado corretamente do ponto de vista técnico, pode acarretar rachaduras no topo.

Antigamente, não eram raras as rachaduras, causando vazamentos e corrosão do concreto e, em casos extremos, a demolição do biodigestor. Para evitar esses problemas, deve-se utilizar concreto de qualidade adequada e o projeto deve ser executado por profissionais.



Construção de um biodigestor de concreto

Reservatórios de aço e aço inoxidável são colocados e conectados a um alicerce de concreto. São utilizadas tiras de aço bobinado e chapas de aço soldadas ou parafusadas. É necessário impermeabilizar os pontos parafusados. Digestores de aço são posicionados invariavelmente acima do solo. Geralmente, a construção do teto é usada como gasômetro e recoberta por uma lona impermeável a gases.

Os valores característicos e as propriedades dos reservatórios de aço:

Valores característicos

- aço para construção galvanizado/esmaltado St 37 ou aço inoxidável V2A; no gasômetro corrosivo V4A

Vantagens + possibilidade de pré-fabricação e curto prazo de construção

+ flexibilidade na confecção de aberturas

Particularidades • em função da corrosão, as superfícies devem ser confeccionadas em material de alta qualidade ou revestidas com camada protetora, principalmente as superfícies não permanentemente cobertas por substrato (gasômetro)

- garantir a impermeabilidade a gases, principalmente das conexões ao alicerce e teto
- as autoridades frequentemente exigem a instalação de um sistema de detecção de vazamentos
- evitar rigorosamente danos nas camadas dos reservatórios de aço de construção.



Biodigestor de aço inoxidável em fase de construção

6.6.2.7. Mistura e equipamentos de agitação. Manter o conteúdo do biodigestor bem agitado é importante por diversas razões:

- inoculação do substrato fresco por contato com o líquido biologicamente ativo do digestor,
- distribuição uniforme de calor e nutrientes no digestor,
- prevenção e eliminação de camadas de sedimentos e sobrenadante,
- extração adequada do biogás do substrato.

A introdução de substrato fresco, a convecção térmica e a ascensão de bolhas de gás são fatores que promovem a mistura do substrato em fermentação, ainda que em grau reduzido. Essa mistura passiva, no entanto, é insuficiente, exigindo o apoio de um processo de mistura ativo.

Esse processo de mistura pode ser mecânico, por equipamentos no biodigestor, tais como agitadores; hidráulico, por bombas posicionadas externamente; ou pneumático, pelo soprimento de biogás no biodigestor. Os dois últimos métodos têm importância

secundária. Na Alemanha, cerca de 85% a 90% das usinas fazem uso de dispositivos mecânicos e equipamentos de agitação.

6.6.2.7.1. Agitação por meios mecânicos. A agitação do substrato por meios mecânicos se realiza por agitadores. Esses equipamentos se classificam em dispositivos de propulsão e de mistura. A sua aplicação está condicionada à viscosidade e ao teor de matéria sólida do meio a ser misturado. Não é raro que se utilize uma combinação de ambos os sistemas, cuja operação combinada é capaz de intensificar o efeito da agitação.

Os agitadores são operados em modo contínuo ou em intervalos. Comprovou-se na prática que os intervalos de agitação devem ser otimizados empiricamente, com base nas especificidades da usina de biogás, levando em conta fatores como as características do substrato, as dimensões do reservatório, a propensão à formação de sobrenadante, entre outros. Após a colocação da usina em funcionamento, por questões de segurança procede-se à agitação com mais frequência e mais longa que o normal. Os resultados então obtidos servem para otimizar a duração e frequência dos intervalos e o ajuste dos agitadores.

Diferentes tipos de agitadores são adotados.

Biodigestores verticais operando sob o princípio do reator agitado comumente são dotados de agitadores de motor submersível (AMS). Esse tipo de agitador se classifica em AMS de alta rotação, com hélices de duas ou três pás, e AMS de baixa rotação, com uma grande hélice dotada de duas pás. Operando com o princípio da propulsão, esses agitadores são tracionados por motores elétricos sem engrenagem ou com engrenagem redutora. Sua carcaça é impermeável, em ambiente sob pressão, e revestida por camada anticorrosiva. Com isso, o agitador pode ser mergulhado no substrato e arrefecido por ele.

Os valores característicos dos agitadores de hélice acionados por motor submersível:

Valores característicos

Geral:

- a duração de funcionamento varia conforme o substrato e deve ser determinada na fase de partida
- grandes biodigestores podem ser equipados com vários agitadores

Hélice:

- alta velocidade em modo de operação em intervalos (500 a 1.500 RPM)
- faixa de potência: até 35 kW

Hélice grande:

- baixa velocidade em modo de operação em intervalos (50 a 120 RPM)
- faixa de potência: até 20 kW

Vantagens Hélice:

- + gera turbulência, o que proporciona um bom grau de mistura no biodigestor e a eliminação de sobrenadantes e sedimentação
- + em função da boa mobilidade, mistura precisa em todas as áreas do biodigestor

Hélice grande:

- + proporciona ótimo grau de agitação no biodigestor
- + embora produza menos turbulência, oferece maior potência de propulsão por kW em comparação com o AMS em alta velocidade de operação

Particularidades

- a execução da tubulação guia pelo teto do biodigestor tem de ser impermeável a meios gasosos
- controle de intervalo, p. ex., por meio de temporizador ou outro mecanismo de controle de processos
- as carcaças dos motores exigem total impermeabilidade a líquidos; alguns modelos de carcaça são dotados de detecção automática de vazamentos
- manter o motor resfriado mesmo com o digestor operando em elevadas temperaturas
- possibilidade de partida suave e ajuste da velocidade de rotação por meio de conversores de frequência

Manutenção

- em parte difícil, pois o motor tem de ser retirado do biodigestor
- as aberturas para a manutenção e retirada do motor têm de ser integradas no digestor
- observar as normas de segurança durante trabalhos no biodigestor



AMS com hélice (esquerda), tubulação guia (centro), grande pá (direita).

Outra possibilidade são os agitadores de eixo longo, que operam sob o princípio da propulsão e cujo motor se encontra na extremidade de um eixo de agitação, montado obliquamente no biodigestor.

O motor se localiza fora do digestor, com o eixo passando pelo seu teto ou, no caso de teto de lona, pela área superior da parede, com impermeabilidade a gases. Os eixos também podem ser apoiados sobre o fundo do digestor e são dotados de uma ou mais pequenas hélices ou mecanismos de agitação com pás grandes.

Valores característicos

Geral:

- a duração de funcionamento varia conforme o substrato e deve ser determinada na fase de partida
- grandes biodigestores podem ser equipados com vários agitadores

Hélice:

- alta velocidade em modo de operação em intervalos (500 a 1.500 RPM)
- faixa de potência: até 35 kW

Hélice grande:

- baixa velocidade em modo de operação em intervalos (50 a 120 RPM)
- faixa de potência: até 20 kW

Vantagens

Hélice:

+ gera turbulência, o que proporciona um bom grau de mistura no biodigestor e a eliminação de sobrenadantes e sedimentação

+ em função da boa mobilidade, mistura precisa em todas as áreas do biodigestor

Hélice grande:

+ proporciona ótimo grau de agitação no biodigestor

+ embora produza menos turbulência, oferece maior potência de propulsão por kWel em comparação com o AMS em alta velocidade de operação

Particularidades

- a execução da tubulação guia pelo teto do biodigestor tem de ser impermeável a meios gasosos
- controle de intervalo, p. ex., por meio de temporizador ou outro mecanismo de controle de processos
- as carcaças dos motores exigem total impermeabilidade a líquidos; alguns modelos de carcaça são dotados de detecção automática de vazamentos
- manter o motor resfriado mesmo com o digestor operando em elevadas temperaturas
- possibilidade de partida suave e ajuste da velocidade de rotação por meio de conversores de frequência

Manutenção

- em parte difícil, pois o motor tem de ser retirado do biodigestor

- as aberturas para a manutenção e retirada do motor têm de ser integradas no digestor



Agitadores de eixo longo com dois dispositivos de agitação, com e sem apoio no fundo do biodigestor

Outra opção de sistema de agitação mecânica do digestor baseado em propulsão são os agitadores axiais. Eles são comumente utilizados em usinas de biogás dinamarquesas e operam em regime contínuo. Normalmente, esses agitadores são montados no eixo localizado no centro do teto do digestor. A velocidade do motor de acionamento montado externamente ao biodigestor é reduzida a poucas rotações por minuto, por meio de um redutor.

No interior do biodigestor, os agitadores geram uma corrente contínua que desce pelo centro e sobe próximo às paredes. Os valores característicos e parâmetros operacionais dos agitadores axiais:

Valores característicos

- agitadores de operação lenta em funcionamento contínuo
- faixa de potência disponível: até 25 kW

- velocidade do funcionamento varia conforme o substrato e deve ser determinada na fase de partida
- material: resistente à corrosão, geralmente de aço inoxidável
- consumo de potência: p. ex., 5,5 kW a 3.000 m³, geralmente acima

Vantagens

- + proporcionam boa agitação no biodigestor
- + praticamente sem partes móveis no biodigestor
- + fácil manutenção do acionamento fora do biodigestor
- + sobrenadantes finos podem ser aspirados para baixo
- + processos contínuos de sedimentação e flutuação são, em grande parte, evitados

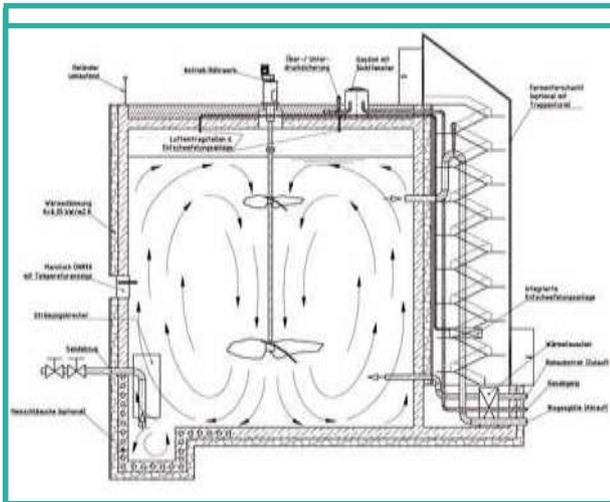
Particularidades

- o eixo do agitador deve ser impermeável a gases
- admitem instalação de mecanismo de controle das rotações com conversores de frequência

Manutenção

- em função da montagem do motor fora do digestor, permitem a manutenção de forma simples e sem interrupção do processo
- reparo das hélices e eixo difícil, pois têm de ser retirados do biodigestor ou este deve ser esvaziado
- o biodigestor deve conter aberturas para manutenção

- observar as normas de segurança durante trabalhos no biodigestor



Agitador axial

Agitadores de palhetas ou carretéis são agitadores de eixo longo e com movimento lento. O efeito de agitação não é atingido pela propulsão e sim pelo amassamento do substrato, sendo especialmente eficiente com substratos ricos em matéria seca. Esses agitadores têm aplicação em digestores com reator agitado vertical e também em digestores horizontais, os denominados biodigestores de fluxo pistonado.

Em virtude da arquitetura dos digestores horizontais, nesse tipo o eixo de agitação é construído horizontalmente, sendo a agitação realizada pelas pás posicionadas no eixo. O fluxo pistonado horizontal é garantido pelo abastecimento posterior do digestor com substrato. Os eixos e os braços de agitação dos agitadores frequentemente possuem serpentinas de aquecimento integradas com a função de aquecer o substrato. O agitador é colocado em funcionamento várias vezes por dia, por um breve período com baixo número de rotações.

Valores característicos:

- agitadores de giro lento em operação intervalada

- consumo de potência: grandemente influenciado pelo substrato e local de uso; na digestão seca, demanda bem mais elevada em função da resistência oferecida pelo substrato
- velocidade do funcionamento varia conforme o substrato e deve ser determinada na fase de partida
- material: resistente à corrosão, em geral aço inoxidável revestido, podendo também ser em aço inoxidável

Vantagens

- + proporcionam boa agitação no biodigestor
- + fácil manutenção do acionamento fora do biodigestor, também permite conexão à tomada de força
- + evita processos de sedimentação e flutuação

Particularidades

- o eixo do agitador deve ser impermeável a gases
- admitem instalação de mecanismo de controle das rotações com conversores de frequência

Manutenção

- em função da montagem do motor fora do digestor, permitem a manutenção de forma simples e sem interrupção do processo
- reparo de pás e eixos dificultado, pois o digestor tem de ser esvaziado
- o biodigestor deve conter aberturas para manutenção

- observar as normas de segurança durante trabalhos no biodigestor

Em biodigestores horizontais de reator agitado, o eixo de agitação horizontal é apoiado com o auxílio de um elemento de aço. A orientação do eixo não pode ser alterada. Com o auxílio de um agitador de impulso correspondente, é possível a agitação no digestor.



Agitador de pás

6.6.2.7.2. Agitação pneumática. Embora seja oferecida por alguns fabricantes, a agitação pneumática do substrato de fermentação tem um papel secundário em usinas de biogás na agroindústria.

Na agitação pneumática, o biogás é soprado pelo fundo do biodigestor para o seu interior. Isso origina bolhas de gás que, em um movimento vertical de baixo para cima, promovem a mistura do substrato.

Os sistemas têm a vantagem de que as partes mecânicas necessárias para a mistura (bombas e compressores) são localizadas fora do digestor e, portanto, sofrem menos desgaste. Essas técnicas não se prestam à eliminação de sobrenadantes, podendo por

essa razão ser utilizadas somente para substratos de baixa viscosidade com baixa propensão à formação de sobrenadantes. Os valores característicos de sistemas para mistura pneumática:

Valores característicos

- consumo de potência: p. ex., compressor de 15 kW para um digestor de 1.400 m³, operação semicontínua
- faixa de potência disponível: a partir de 0,5 kW, todas as faixas são possíveis para usinas de biogás

Vantagens

- + proporcionam boa agitação no biodigestor
- + posição dos compressores de gás fora do digestor, o que facilita a manutenção
- + evita camada de sedimentos

Particularidades

- o equipamento de compressão deve ser apropriado para a composição do biogás

Manutenção

- por estar montado na parte externa do digestor, o compressor de gás permite fácil manutenção sem interrupção do processo
- o reparo de componentes da injeção de biogás é difícil, pois exige o esvaziamento do digestor
- observar as normas de segurança durante trabalhos no biodigestor

6.6.2.7.3. Agitação hidráulica. Na agitação hidráulica, o substrato é pressionado para o interior do biodigestor por meio de bombas e bicos agitadores giratórios, horizontais ou também verticais. O substrato deve ser sugado e introduzido de forma a proporcionar o máximo grau de mistura no digestor.

Sistemas com agitação hidráulica também oferecem a vantagem de as partes mecânicas necessárias para a mistura serem localizadas fora do digestor e, portanto, sofrerem menos desgaste e permitirem fácil manutenção. A agitação hidráulica se presta à eliminação de sobrenadantes com restrições, podendo, por essa razão, ser utilizadas somente para substratos de baixa viscosidade com baixa propensão à originação de sobrenadantes.

Valores característicos e parâmetros operacionais da agitação hidráulica do biodigestor

Valores característicos

- utilização de bombas de elevada vazão
- potência: corresponde às potências usuais de bombas
- material: como em bombas

Vantagens

+ boa mistura do substrato no biodigestor por meio de bombas centrífugas submersíveis ajustáveis ou tubo guia, possibilitando, também, a eliminação de camadas de sedimentação e sobrenadantes

Para evitar a saída do gás, os biodigestores de mistura completa normalmente possuem um ladrão que funciona conforme o princípio do sifão. O substrato digerido também pode ser retirado por meio de bombas.

Recomenda-se misturar o material antes de retirá-lo de um reservatório de biofertilizantes. Com isso, o usuário final, p. ex. a agricultura, obtém um adubo orgânico com consistência

e qualidade uniformes. Em tais aplicações, consagrou-se o uso de agitadores com tomada de força, que, por não exigirem um motor de dicado, proporcionam maior economia.

Em vez de um motor dedicado, é acoplado um motor de trator para permitir a retirada da biomassa fermentada e a realização da tarefa mais prontamente. Em digestores horizontais, o material fermentado sai por um ladrão ou por um tubo de saída que se situa abaixo do nível do substrato, sendo pressionado pelo fluxo pistonado que se origina pela introdução do substrato no digestor.

6.6.2.8. Outros dispositivos auxiliares. Muitas usinas de biogás são dotadas de dispositivos que, embora não estritamente necessários para o seu funcionamento, podem ser úteis em determinados casos, conforme o tipo de substrato. A seguir, são apresentados métodos para combater a formação de espuma e camada de sedimentos e é descrita a etapa, posterior ao processo de formação do biogás, em que ocorre a separação entre a fase sólida e a líquida.

6.6.2.8.1. Coletor de espuma e combate à formação de espuma. Conforme o substrato ou composto de substratos, na digestão úmida pode haver a formação de espuma no biodigestor. Como ela pode entupir a tubulação de gás para a sua retirada, a saída de gás deve ser posicionada o mais alto possível no digestor.

Coletores de espuma adicionais auxiliam a evitar que ela penetre na tubulação de substrato dos digestores instalados a jusante.



Dispositivos para transportar o gás sem distúrbios; tubo de admissão de gás com abertura voltada para cima

No gasômetro do digestor, também é possível montar um sensor de espuma que aciona um alarme no caso de formação de espuma em quantidade elevada. A pulverização de substâncias para a inibição da espuma, que exige equipamento especial no digestor, é uma forma de evitá-la nos casos de formação abundante. O equipamento pode ser constituído de um dispositivo de pulverização.

No entanto, deve-se ter em mente que os gases corrosivos podem atacar os orifícios finos dos tubos do pulverizador. Pode-se prevenir a corrosão ligando regularmente o equipamento também sem a ocorrência de espuma.

VII

ANTEPROJETO PARA IMPLANTAÇÃO USINA BIOGÁS BIOMASSA COCO VERDE

7.1. Definições iniciais para elaboração do anteprojeto biogás biomassa coco verde. O desenvolvimento conceitual do projeto da usina de biogás será direcionado para o aproveitamento do substrato líquido do coco verde para geração energética no Estado do Ceará.

Uma próxima etapa deve ser a apresentação deste projeto para investidores e do de investimentos e bancos nacionais e internacionais e na sequência, o projeto estará apto para etapas de projeto executivo, licenciamentos, implantação e treinamento da equipe para operação e manutenção da usina de biogás.

7.2. Empreendedor da usina de biogás. Visando auxiliar as indústrias especializadas em envasamento de Água de Coco, em 2019 é fundada a FIBRA COCO AMBIENTAL LTDA, com o intuito de promover a destinação correta dos resíduos das Cascas de Coco, obedecendo às legislações ambientais, com um enfoque especial sobre a Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal Brasileiro), onde foram definidas as normas para o descarte adequado dos resíduos sólidos.

A presença da FIBRA COCO AMBIENTAL LTDA na região é de fundamental importância para que práticas antiquadas, como o descarte dos resíduos a céu aberto, ou a queima dos mesmos não ocorram mais, possibilitando assim que práticas ecologicamente corretas sejam adotadas, além de influenciar diretamente na manutenção de mais de 2.000 empregos nas indústrias da região.

A FIBRA COCO AMBIENTAL LTDA trabalha com produtos adequados para a geração de Biomassa Energética, sendo eles as Cascas de Coco Seco (com a presença do endocarpo, que potencializa seu poder calorífico), picotadas em cavacos de 5,0cm; e os Cavacos de Cajueiro com granulometria de 5,0cm.

Devido ao alto potencial calorífico dos produtos (Cavacos de Coco com PCS de 4.784; e Cavacos de Cajueiro com PCS de 4.736), eles são ideais para uso no aquecimento de fornos e caldeiras industriais, como uma excelente alternativa, tanto econômica quanto ecológica, para produtos comumente usados atualmente, como os briquetes de carvão e

as cascas de eucalipto e babaçu, pois não trabalhos com madeira nativa, garantindo assim a preservação das espécies.

No processo de beneficiamentos da Casca do Coco utilizamos do seguinte Maquinário:

- Picador florestal Chippermax;
- Retroescavadeira;
- Pá Carregadeira D
- Trator de Esteira;
- Máquina de Compostagem;
- Prensas Enfardadeiras;
- Balança Digital.

Decidiu com o apoio consultivo da Brasil Biomassa o desenvolvimento de uma planta híbrida de produção de agropellets com o uso do pó e a fibra e do biogás com o uso do substrato líquido da biomassa do coco verde.

7.3. Localização da usina de Biogás. A unidade industrial de produção de biogás será na cidade de Trairi no Estado do Ceará. Trairi é um município do estado brasileiro do Ceará, localizado a 137 km de Fortaleza.

Trairi situa-se no centro-norte do Estado do Ceará, localizando-se entre os meridianos de 39°31'37'' e 39°09'02'' de longitude a oeste de Greenwich e os paralelos de 03°10'10'' e 03°35'57'' de latitude sul. Ocupa uma área de aproximadamente 924,56 km², que corresponde a 0,62% do território do Estado.

Possui 48 km de extensão linear na direção norte-sul e 41 km na direção leste-oeste. À distância angular na direção norte-sul é de 25'40 e na direção leste-oeste é de 22'57''. Limita-se ao norte, com o município de Itapipoca e o oceano Atlântico, ao sul com o Município de São Luis do Curu, a sudeste, com o município de São Gonçalo do Amarante, a sudoeste, com o município de Tururu, a oeste, com o município de Itapipoca e a leste com município de Paraipaba. Está inserido na Microrregião de Itapipoca, segundo o IBGE, que dividiu o estado em 33 Microrregiões Geográficas. De acordo com Divisão Político-Administrativa do Estado do Ceará, que estabeleceu 20 Áreas Administrativas, situa-se na Região 2 que tem como sede o município de Itapipoca.



A sede municipal, pelo rio Trairi, situa-se a uma altitude media de 18m, localizando-se nas seguintes coordenadas geográficas: 3°16'40'' de latitude sul e 39°16'08'' de longitude a oeste de Greenwich. O principal acesso ao município é feito através da rodovia estruturante Costa do Sol Poente de apoio ao turismo, CEO, que o interliga à capital e aos municípios vizinhos de Itapipoca e Paraipaba.

A região é líder na produção de coco verde. Essa liderança tem como consequência o alto índice de geração de resíduos do processamento da cultura do coco verde que

representa hoje um grande problema ambiental, principalmente para a área litorânea dos estados do Nordeste. Dessa forma, o procedimento de simplesmente dispersar as casca de coco verde em praias ou em lixões e aterros somente faz agravar a situação ambiental da região. Sendo assim, para esta atividade, faz-se necessário um maior comprometimento com a preservação dos mananciais, áreas litorâneas ou depósito de resíduos evitando a contaminação e na geração de gases que prejudicam o meio-ambiente,

7.3.1. Fatores que justificam a localização da planta de biogás. Os principais fatores que justificam a escolha do município de Trairi no estado do Ceará , para instalação de uma usina de produção de biogás estão listados a seguir:

- A região possui as maiores plantações e as indústrias de beneficiamento do coco verde.
- A topografia da cidade é favorável, pois muitas indústrias de beneficiamento do coco verde se localizam em áreas próximas, sendo possível transporte das cascas, reduzindo custos de transporte.
- A infraestrutura existente é capaz de comportar o projeto de produção de biogás.
- Indústrias de processamento do coco verde podem colaborar com o projeto fornecendo a matéria-prima para a planta industrial.
- Apoio dos municípios que tem que criar e administrar aterros (investimentos municipais) para o descarte da biomassa do coco verde.
- Há uma extensa área agrícola, ou seja, local que pode consumir o biofertilizante líquido, as indústrias que podem utilizar esta fonte energética e biocombustível sólido do agropellets podem ser exportados em função da proximidade do porto.

7.4. Caracterização preliminar do arranjo técnico. A implantação da usina de biogás irá contribuir com o desenvolvimento da região, partindo do potencial sócio econômico e das necessidades energética da região, promovendo a inovação em todos os seus aspectos e na geração de empregos verdes.

As premissas consideradas para essa planta de biogás são:

- Implantar um projeto com padrão tecnológico consolidado, seguindo um nível standard, que opere como um exemplo sustentável no Estado do Ceará;
- Garantir baixo custo de operação e manutenção em função do aproveitamento da biomassa considerada um passivo ambiental;
- Gerar energia elétrica com o biogás, energia térmica com o agropellets e possibilidade para upgrading com geração de biometano;
- Geração de receita com a venda de energia limpa na rede, tanto através da usina de biogás quanto através do complexo de produção de agropellets;
- Utilizar substratos do coco verde disponíveis na região;
- Elaborar um projeto com flexibilidade para misturas de substratos;
- Utilizar o digestato como fertilizante, de acordo com as normas locais;
- Priorizar a utilização de equipamentos e empresas nacionais;
- Utilizar a infraestrutura complementar disponível na região;
- Permitir a integração de vários setores, como indústria, comércio, órgãos ambientais, etc., através da multidisciplinaridade que envolve uma planta de biogás e de agropellets;

- Possibilitar a replicação para outras regiões do Brasil.

7.5. Definições preliminares básicas para a usina de biogás. O presente item discorre sobre todos os tópicos considerados importantes no desenvolvimento do projeto da usina de biogás e suas definições preliminares.

7.5.1. Substrato. Uma das premissas desse projeto é a implantação da usina de biogás em uma área com grande concentração de um determinado substrato ou resíduo orgânico como o coco verde, indo ao encontro de todo o complexo já formado em torno desse sistema.

É o caso da cultura do coco verde no Ceará, onde já existe todo um sistema estruturado, com área produtiva, formação de mão-de-obra, indústrias de beneficiamento até o produto final, etc.

No caso do projeto da planta de biogás, o substrato principal será o líquido do processo (LCCV) de fragmentação ou trituração da casca do coco verde (coloração escura resultante de compostos de cadeia longa como o tanino).

A quantidade do LCCV gerada é de aproximadamente 0,5 m³ para cada tonelada de casca de coco triturada, podendo atingir valores diários de 20 m³, em períodos de elevado processamento. Esse líquido é composto por açúcares fermentescíveis, compostos fenólicos, cátions e ânions.

A escolha dos cosubstratos dependerá das suas características, da sua atuação junto com o substrato principal e da avaliação da necessidade e plano de estudo da própria equipe de profissionais da usina.

7.6. Sistema de geração de biogás da usina. O sistema de digestão padrão para a usina será de sistema contínuo, também chamado de CSTR (Continuously Stirrer Tank Reactor) trabalhando com sistema mesofílico, onde a temperatura interna do reator pode variar entre 35-40 °C. Esse sistema é o mais utilizado hoje nas usinas de biogás de grande escala no mundo e apresenta estabilidade, eficiência na produção de biogás e é um sistema considerado seguro.

Carga orgânica < 3,0 kg/m³ x d

Tempo de retenção hidráulica > 20d e < 35d

Matéria seca – no digestor < 10%

Produção de biogás específico < 3,0 Nm³/m³ x d

Alimentação Semi contínua

Temperatura Mesofílica (35 – 40°C)

NH_x (amônia) <4.500 mg/l

pH 6,8 – 8,0

O biogás pode ser utilizado para a produção de energia descentralizada com sistemas combinados de calor e eletricidade – cogeração, e o excedente de eletricidade pode ser injetado na rede interligada ou vendido para consumidores livres.

O biometano pode ser usado como substituto ao diesel em equipamentos agrícolas (tratores, caminhões, etc.), substituto ao gás natural em veículos ou para ser injetado na rede de gás natural.

7.6.1. Digestor. Para esse projeto de produção de biogás com o líquido do coco verde a opção de digestor é o tanque cilíndrico, com corpo metálico e acabamento esmaltado interno, isolamento térmico externo, sistema de aquecimento interno via serpentinas e cobertura metálica, rígida.



A escolha por esse tipo de digestor possibilita maior estabilidade de produção de gás e facilidade para controle, principalmente se tratando de uma produção de gás direcionado para uso comercial e industrial.

7.6.2. Sistema de alimentação. O sistema de bombeamento deverá ser feito através de bombas para líquidos. O sistema de alimentação deve permitir o pré-tratamento e a eventual mistura dos substratos antes de enviá-los para o digestor, o que facilita o sistema de digestão da matéria orgânica, dentro do tanque.

7.6.3. Agitação. O sistema de agitação é importante para manter a homogeneidade dos substratos que estão dentro do tanque. Com o movimento, as bactérias responsáveis pela degradação dos substratos e produção do biogás mantêm a troca de material digerido por material ainda com carga orgânica a ser degradada.

A escolha do modelo do agitador depende das características dos substratos que serão enviados para o digestor, tais como a viscosidade e a quantidade de fibras. Nesse projeto também é aconselhável optar por um modelo de fácil manutenção e pouco consumo de energia.



7.6.4. Armazenamento de gás. Um armazenador externo de gás é recomendado para esse modelo de usina, possibilitando um melhor equilíbrio entre a produção e o consumo de biogás gerado pelo digestor. Se optado por não utilizar um agitador central, é possível armazenar o gás no topo do digestor.



7.6.5. Tubulações. Nos projetos de usinas de biogás o material usado para condução de substratos e água são canos em aço ou em PE (tubos de poliuretano com resistência a ultravioleta), já para condução de gás os indicados são os de aço inox ou PE. As normas de segurança e sinalização seguem as NBR's em vigor – normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).



7.6.6. Pré-tratamento de gás. O biogás com a biomassa do coco verde, que é composto, em sua maior parte, por metano e gás carbônico, ao sair do digestor está saturado com água e possui também um percentual pequeno de H₂S (ácido sulfídrico), oxigênio, nitrogênio, hidrogênio e algumas impurezas. Para melhorar a qualidade do gás e também

contribuir para o bom funcionamento e durabilidade dos equipamentos e do motor gerador de energia, é feito um processo de dessulfurização para eliminar o H₂S do biogás.

Em sua maioria, as usinas de biogás de grande escala utilizam o sistema de injeção de ar dentro do digestor para reagir, biologicamente, com o H₂S, transformando-o em enxofre elementar e, conforme a necessidade, complementam a dessulfurização com tratamento químico (via componentes ferrosos) ou com sistema de scrubber.

No caso do projeto de biogás no Ceará, devido à adoção de um modelo de digestor com cobertura metálica, que possuirá pouca área interna livre para o procedimento eficiente de injeção de ar, o processo de dessulfurização será realizado com um scrubber externo.



7.6.7. Motor gerador. Uma configuração muito comum de plantas de biogás é a geração de energia térmica e elétrica a partir da queima do biogás em motores geradores. Essas energias são utilizadas para o consumo interno da usina e seu excedente, geralmente, é disponibilizado para rede, servindo como fonte de receita.

A energia térmica é utilizada, principalmente, para manter a temperatura constante dentro do digestor, seu excedente pode auxiliar no aquecimento industrial.

Para o projeto no Ceará, o planejado para a fase inicial é a utilização de um motor gerador em torno de 275–300 kW, para suprir a demanda da usina e comercializar o excedente.

A potência de geração de energias de uma usina de biogás depende da disponibilidade de substratos e a conseqüente geração de biogás. Os motores geradores, partem de 20 kW e, facilmente, encontramos usinas com motores de alta eficiência, com mais de 1,4 MW de potência ou até vários motores conectados, como a Usina de Penkun, na Alemanha com mais de 20 MW de geração de energia elétrica, através do biogás. A durabilidade dos motores de tecnologia especial para usinas de biogás é de no mínimo 120 mil horas, com manutenção especial a cada 60 mil horas de funcionamento. Os motores são feitos para operarem 24 horas por dia, com paradas eventuais para troca de óleo.



O monitoramento eletrônico do motor pode ser feito à distância, tanto pela usina como pelo fornecedor e fabricante. Um contrato de manutenção e serviço é feito entre o fornecedor e usina para garantir o pleno funcionamento de todos os equipamentos.

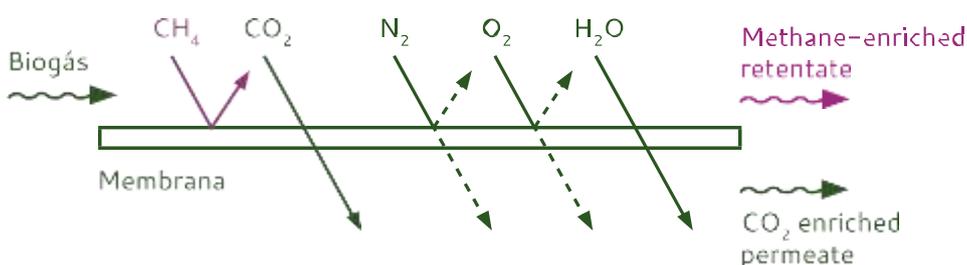
7.7. Purificação de biogás para biometano. Como alternativa na geração de energia através do biogás, a purificação do biogás para a geração de biometano tem se destacado cada

vez mais no mercado. Produtoras de automóveis, caminhões e veículos de utilidade pública investem em frotas, que podem ser abastecidos com biogás.

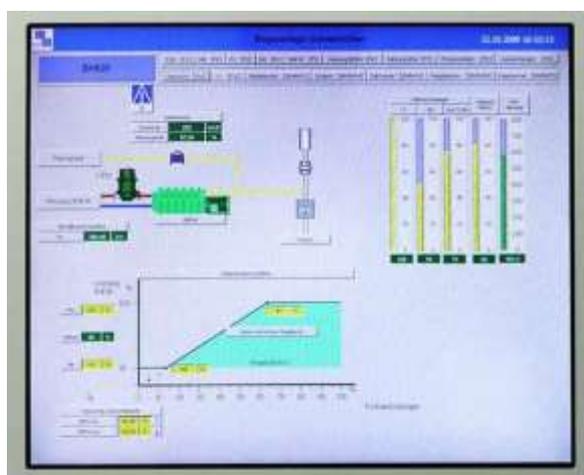
Nos últimos anos a tecnologia de purificação tem sido mais acessível e viável financeiramente, tornando-se atrativa, principalmente para atender regiões onde há demanda por gás natural, mas não há rede condutora, o que limita a disponibilidade de gás apenas por meio de transporte rodoviário entre o ponto de rede mais próximo e o cliente. Existem diferentes tipos de tecnologias para a purificação do biogás, com uso de água ou compostos químicos por exemplo, e a aplicação depende das condições da planta e quantidade de biogás gerado. Os sistemas de purificação são disponíveis a partir de 100 m³/h de biogás.

Qualquer que seja a tecnologia aplicada para a purificação o rendimento e a eficiência do processo chega a 98%, possibilitando a injeção na rede pública e o uso veicular. A planta de biogás pode operar até 8.600 horas/ano sem interrupção. O custo de manutenção de estações de purificação varia conforme a tecnologia. Ressalta-se que a purificação pode ser implantada juntamente com o processo de cogeração, gerando-se assim energia térmica, elétrica e biometano em uma mesma planta.

Processos com uso de água costumam ter valores de investimento menores, mas com custo de manutenção superior aos de tratamento químico. O sistema, igualmente ao dos motores de cogeração, também é totalmente automatizado e monitorado. A estação é instalada em containers com isolamento acústico e baixa emissão de gases.



7.8. Automação e Controle. Toda planta de biogás é equipada com um controle eletrônico central. A aquisição de dados inclui todas as informações técnicas essenciais da usina como: quantidade de entrada de substratos nos recipientes de armazenagem; volume de substratos que alimentam os fermentadores; nível e temperatura dos substratos; quantidade e qualidade de geração de gás; eficiência térmica e elétrica de geração, temperatura, pH, etc; e estes dados são apresentados por um software de monitoramento.



Os dados são armazenados na central e exibidos tanto no monitor central, na sala de controle. Os operadores fazem controle dos componentes, relatório e check list diariamente. Também está incluso no sistema, a informação automática sobre distúrbios da planta, com avisos imediatos por telefone, celular e email. Empresas fornecedoras possuem sistemas de monitoramento com capacidade de assistência à distância, podendo inclusive reprogramar alguns equipamentos.



Os operadores da planta são capacitados para operar todo o sistema de maneira fácil e segura. A empresa fornecedora sempre estabelece um contrato de operação e serviço com a usina de biogás, isso contribui para a eficiência do funcionamento e produção constante de energia da planta.

7.9. Normas de segurança. O biogás, por ter densidade menor do que a do ar atmosférico, com uma relação de 0.55, oferece menor risco de explosão por não se acumular facilmente ao nível do solo, dessa forma a tendência é de o biogás se dispersar na atmosfera em caso de vazamento.

Mesmo com taxa de risco inferior a muitos combustíveis e necessitando-se grandes quantidades de biogás para uma combustão, é importante manter normas de segurança, de acordo com as normativas específicas para materiais explosivos, em todo o complexo da usina de biogás.

O projeto de segurança e o preventivo de incêndio acompanham os projetos da planta de biogás, seguindo as normas da ABNT, levando em consideração áreas de risco, proteção e segurança para equipamentos elétricos, afastamentos mínimos, localização de extintores, sinalizações, alarmes, detectores de vazamento de gás - inclusive nos fermentadores -, válvulas de segurança, etc. Não existem normas específicas para usinas de biogás no Brasil, por isso a importância de se seguir as normas da ABNT e também do Ministério do Trabalho, referentes à segurança do trabalhador (Portaria 3.214, 1978).

Explosão

Uso de tubulações com qualidade e de acordo com as especificações, monitoramento e inspeções constantes e sinalizações adequadas nas áreas de geração e armazenamento de gases, treinamento constante.

Formação de espuma

Dimensionamento de tanques e digestores, abertura de emergência no topo do digestor, sensores de espumas, monitoramento.

Vazamento de substratos

Prever uma bacia de contenção para emergências e barreiras de proteção.

Problemas de pressão (válvulas)

Válvulas específicas conforme as especificações de projeto.

Higiene e limpeza

Treinamento, sinalização, áreas para higienização do staff, áreas para limpezas de equipamentos, controle sanitário e separação das linhas negras e brancas.

Problemas de operação

Softwares e hardwares adequados, treinamento do staff.

Vandalismo ou sabotagem

Monitoramento por câmeras, área protegida por cercas, sinalização adequada.

Entende-se que a produção de biogás e, conseqüentemente de energia, não é uma atividade potencialmente poluidora, pois possui baixo nível de ruídos, os odores podem ser controlados e o efluente gerado é de composição orgânica, cujo odor é semelhante

ao de adubo. Dessa forma, uma usina de biogás pode ser inserida em zonas urbanas sem causar inconveniência para a comunidade local.

7.10. Garantia e manutenção dos equipamentos. Considerando o avanço da Alemanha na implantação de usinas de biogás, hoje com mais de 8.000 plantas operando com vários tipos de resíduos orgânicos, é importante destacar a disponibilidade e variedade de fornecedores de equipamentos e serviços desenvolvidos, devido a grande demanda alemã.

No entanto, a transferência tecnológica para o Brasil deve acontecer com avaliação de produtos locais, buscando nacionalizar o máximo de equipamentos possível, para uma maior eficácia na manutenção e garantia de produtos e serviços. O propósito é manter a usina operando o máximo de tempo possível, produzindo biogás e/ou biometano de forma contínua.

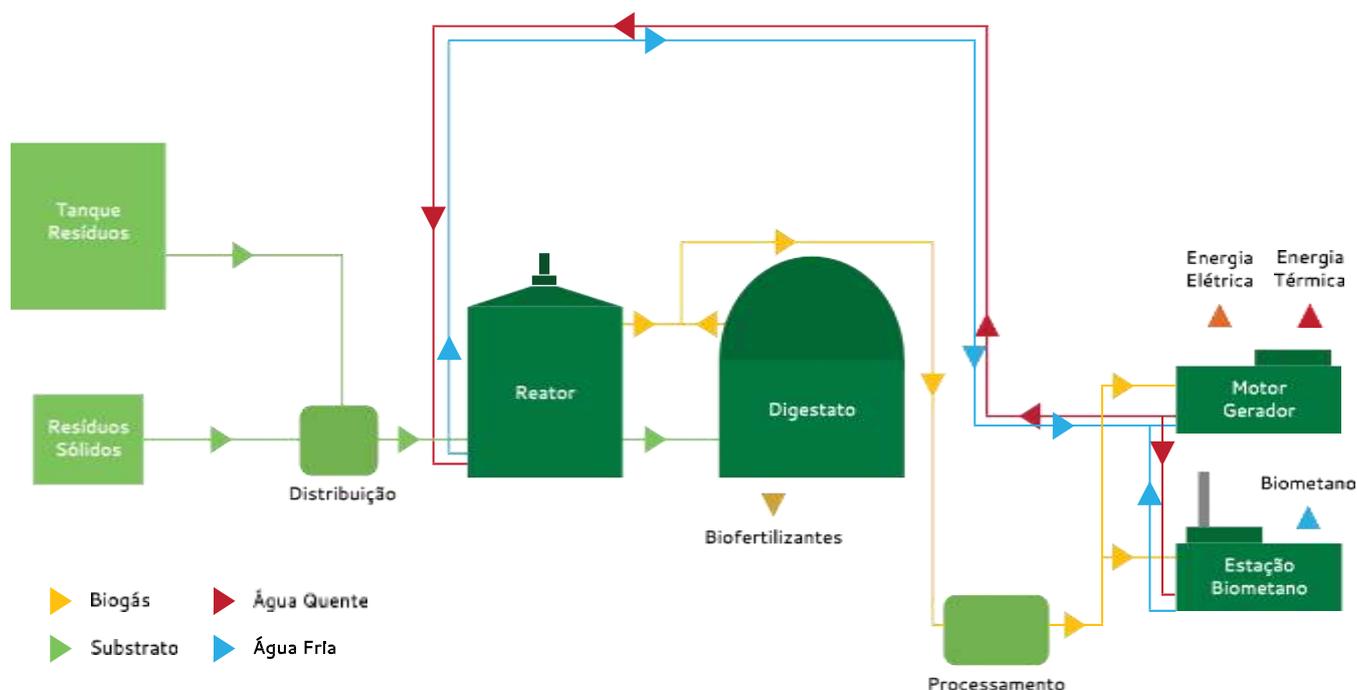
A seguir alguns pontos que merecem atenção quanto à contratação de serviços e compra de equipamentos:

- Garantia de assistência técnica local (24h);
- Garantia sobre a construção civil e montagens;
- Garantia das instalações;
- Tempo de validade da garantia dos produtos e equipamentos;
- Seguro da planta;
- Estabelecer multas contratuais;
- Garantia de fornecimento de materiais e substratos.

7.11. Processo de geração da usina de biogás biomassa coco verde. O projeto prevê a implantação de uma usina de biogás de médio-grande porte, com geração elétrica inicial estimada em até 10 MW e composta, principalmente, por um tanque receptor de resíduos, digestor anaeróbico, motor gerador, área para separação do digestato nas fases sólida e líquida, flare e conexão com a rede elétrica.

A área escolhida, para a implantação da planta, possibilita a captação da quantidade de substratos suficiente para o upgrading da usina onde está previsto a implantação de um sistema de purificação de biogás para geração de biometano.

O processo se inicia com o recebimento diário dos substratos, ou seja, do líquido do processo de trituração do coco verde e demais resíduos. Os resíduos serão transportados através de tubulações específicas e bombeamento até a usina. Os efluentes líquidos gerados na planta serão despejados no tanque de recebimento, enquanto que, os resíduos sólidos gerados na operação e manutenção serão triados e corretamente destinados de acordo com suas especificações como no diagrama abaixo:



Os tanques de recebimento, que receberão os substratos, são dotados de agitadores submersíveis e de um sistema de bombeamento controlado por nível –mínimo e máximo, cuja função será a transferência dos resíduos para o digestor. Para manutenção das condições de higienização, o digestor possui sistema de agitação e um sistema térmico que tem, como fonte de calor, o circuito fechado de água proveniente da água de refrigeração do grupo motor-gerador. A temperatura mesofílica é mantida automaticamente através de uma malha de controle.

O volume de biogás produzido será continuamente armazenado no(s) gasômetro(s) e terá a composição estimada abaixo:

- 60% de Metano (CH₄);
- 38,7% de Dióxido de Carbono (CO₂);
- 0,1% de Monóxido de Carbono (CO);
- 0,5% de Nitrogênio (N₂);
- 0,4% de Hidrogênio (H₂);
- Traços de Gás Sulfídrico (H₂S);
- Outros 0,2%.

Fazem parte ainda do circuito de biogás, sistemas de controle de nível de vazão (demanda mínima e máxima de gás) e um queimador de segurança (Flare) para a queima da produção excedente de biogás.

O digestato, que é a matéria digerida dentro do fermentador, depois de um período de retenção, é encaminhado para o processo de separação de fases (sólido/líquido) e será utilizado como biofertilizante.

Também fará parte do arranjo uma bacia de contenção, revestida adequadamente, destinada a eventuais despejos de biofertilizante, quando a usina estiver em manutenção.

A central de geração de energia elétrica, tendo como combustível biogás, terá emissões de NOX < 500 mg/Nm³ (5% O ambientais vigentes. residual) o que atende as regulamentações.

Toda a planta será controlada automaticamente através de um sistema de controladores lógicos programáveis (CPL), sendo que a sala de controle será localizada na imediação do módulo de cogeração e da subestação elevadora. Também nessa área, estará localizada a central de controle do processo biológico, na qual serão realizadas análises biológicas sistemáticas de acompanhamento com acesso integrado a área de pesquisa e capacitação do complexo.

A entrada em operação, ou seja, o start up, é um aspecto delicado na operação.

Por esse motivo, uma equipe especializada fará uma inspeção e treinamento com a equipe antes do start up da planta.

7.11.1. Upgrading da planta para geração de biometano. Um dos objetivos principais desse projeto é a geração de biometano. Para esse processo entrar em operação é necessário que a planta esteja em pleno funcionamento, com equipe treinada e com toda a logística de processos operando de forma constante.

O upgrading consiste na implantação dos equipamentos de purificação do biogás e do sistema de captação e armazenamento de CO₂ (subproduto do processo). Além disso, deve-se estudar as necessidades de adequações nas estruturas da planta e do centro de pesquisa e capacitação para atender um maior recebimento de substratos, principalmente dejetos, e produção de dois novos produtos (biometano e CO₂).

7.11.2. Riscos e recomendações para a usina de biogás biomassa coco verde. Alguns aspectos são importantes para manter o bom funcionamento da planta de biogás. São ações que devem ser implantadas em todo o processo que envolve desde a geração e recebimento dos substratos até a produção dos produtos finais.

7.11.2.1. Treinamentos dos operadores. Os profissionais que atuam como operadores da usina devem passar por treinamentos específicos e atuarão em vários setores da usina. Por esse motivo, o treinamento da equipe deve incluir todos os processos relevantes para o bom funcionamento da planta de biogás, tais como o manejo correto dos substratos, aspectos de higiene, limpeza, segurança, prevenção de acidentes, noções sobre o trabalho laboratorial, automação da planta, entre outros. Os operadores também devem estar aptos a transferir seus conhecimentos técnicos operacionais aos colaboradores do centro de pesquisa e capacitação.

Para gerenciamento da usina, faz-se necessário um responsável que domine todos os processos e conheça profundamente a operação da planta. Este profissional deverá monitorar e controlar a operacionalidade da planta, mantendo uma relação de troca de informações constante com toda a equipe técnica.

7.11.2.2. Custos de operação. Nos cálculos dos custos de operação – OPEX de uma planta de biogás é muito importante considerar os cenários e a estrutura da equipe de profissionais que atuará como colaboradores da usina. Principalmente nesse caso, por se tratar de uma planta de biogás, a volatilidade da receita não pode prejudicar a atuação e nem a estrutura e qualidade da equipe de operação.

7.11.2.3. Fornecimento de resíduos da casca de coco verde. Assim como em qualquer outro processo produtivo, a matéria-prima é um aspecto essencial e deve-se assegurar

sua disponibilidade constante durante todo o período de produção. No caso da usina de biogás proposta, a matéria-prima é o líquido da casca do coco verde.

No caso do líquido da casca do coco verde, que é o substrato principal desse projeto, é necessário haver a segurança de sua disponibilidade e um plano alternativo para eventuais problemas de disponibilidade. O planejamento deve considerar contratos com os fornecedores e plano alternativo com outras fontes de resíduos ou outros fornecedores que possam repor as quantidades necessárias em casos de emergência.

Atenção especial, também deve ser dispensada, para o controle sanitário desses resíduos, pois qualquer tipo de problema pode comprometer a qualidade do resíduo fornecido para a usina.

O monitoramento e análises constantes da qualidade dos resíduos devem ser efetuados na estrutura da usina; análises diárias de produção de biogás, qualidade e composição serão feitas na própria planta. Controles da qualidade dos substratos serão feitos periodicamente, p. ex. de duas em duas semanas. Qualquer alteração na produção do biogás é um sinal de alerta para realização de análises de confirmação não periódica dos substratos.

Uma equipe da usina orientará os produtores participantes do projeto quanto ao manejo antes do início da operação. Essa equipe fará também um monitoramento constante do manejo, sugerindo adequações necessárias.

7.11.2.4. Equipamentos. Em relação aos equipamentos, a usina, obrigatoriamente, deverá ter um contrato de manutenção e serviço com a empresa fornecedora. Os operadores serão treinados para pequenos serviços de manutenção. Equipamentos como o motor-gerador devem possuir monitoramento constante por equipe técnica e de manutenção.

Essas ações, bem como o monitoramento eletrônico da usina, garantem uma maior eficiência de operação da planta.

Todos os equipamentos da usina de biogás devem ser especialmente desenvolvidos para operarem com essa tecnologia. Não serão usados equipamentos que ainda estão em teste ou de uma tecnologia que não pertença à mesma usada nas usinas de biogás. Para testes de equipamentos desenvolvidos pela área de pesquisa e capacitação, um plano técnico financeiro especial deverá ser avaliado previamente para que não comprometa a geração da receita necessária da planta e seus devidos contratos de fornecimento de produtos.

7.11.2.5. Incêndio ou explosão. Uma falha eletromecânica ou operacional poderá comprometer a planta, para minimizar esse risco é preciso aplicar, de forma constante, o esquema de segurança baseados em normas brasileiras e internacionais vigentes que se aplicam a usinas de biogás.

Abaixo são listados alguns itens de prevenção contra incêndios ou explosões:

- Treinamento e atualização constante da equipe de profissionais que operam a usina;
- Inspeções periódicas pela equipe da usina e também por profissionais das empresas fornecedoras que prestam serviço de assistência e manutenção.
- Manutenção constante dos equipamentos, conforme especificações técnicas;
- Contratação de seguro para o empreendimento;
- Acompanhamento constante do sistema de monitoramento de todos os equipamentos essenciais da planta;
- Acompanhamento por colaborador da usina, quando de visita de pessoas estranhas;
- Sinalização de áreas de risco e também avisos proibitivos;

- Todo o complexo da usina deve ter equipamentos de proteção contra incêndio.

7.11.2.6. Estrutura e responsabilidades. Uma estrutura organizacional bem definida é de extrema importância para o estabelecimento de responsabilidades, que impacta diretamente no bom funcionamento da usina. No projeto da usina, essa estrutura deve ser elaborada juntamente com a estrutura do centro de pesquisa e capacitação, incluindo-se as áreas administrativa e jurídica.

Além de observadas as questões internas da usina (operação, administração, etc.), deve-se observar os aspectos relativos ao recebimento de substratos e à entrega dos produtos gerados. No caso dos substratos, são atividades importantes para o monitoramento: disponibilidade de água e substratos, estrutura local da rede de esgoto, riscos ambientais, infraestrutura de acesso e de comunicação, etc.

Já com relação à entrega dos produtos, deve atentar para necessidade de conexão com a rede elétrica ou instalação de uma subestação de energia, contratos de compra e venda de energia elétrica ou possibilidade de injeção do biogás/ biometano na rede pública existente, etc.

7.12. Área de implantação da usina de biogás. O local previsto para a implantação deste projeto será na sede administrativa da empresa o que vem em facilitar o acesso e o transporte da matéria-prima para a unidade de processamento de produção de agropellets e a unidade de produção de biogás e biometano.

7.13. Licenciamento ambiental da usina de biogás. O Licenciamento Ambiental é um procedimento administrativo estabelecido na Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº

6.938/81 - alterada pelas Leis 7.804/89 e 8.028/90; regulamentada pelos Decretos 89.336/84, 97.632/89 e 99.274/90), através do qual o Poder Público (federal, estadual ou municipal), exige dos interessados em desenvolver atividade potencial ou efetivamente poluidora a elaboração de estudos ambientais, planos e programas de controle e monitoramento de impactos ambientais.

Para isso, ficou definido por meio da Resolução Nº. 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (alterada pelas Resoluções CONAMA 011/86 e 237/97) que a construção, a instalação, a ampliação e o funcionamento de quaisquer atividades e estabelecimentos utilizadores de recursos naturais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como capazes de causar a degradação ambiental dependem de prévio licenciamento.

A Legislação Ambiental dispõe sobre a proteção e melhoria da qualidade ambiental, determina que:

A instalação, a expansão e a operação de equipamentos ou atividades industriais, comerciais e de prestações de serviços, dependem de prévia autorização e inscrição em registro cadastral, desde que inseridas na listagem de atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental.

A Resolução CONSEMA de 2006, que aprova a listagem das atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental e, conseqüentemente, passíveis de licenciamento ambiental, e estabelece o tipo de estudo ambiental necessário, classifica, em seu Anexo I - Atividades Passíveis de Licenciamento Ambiental e Respective Estudos Prévios, entre os serviços de infraestrutura, a produção de energia elétrica (ou termelétrica) com até 10 MW de potência instalada como sendo um empreendimento de pequeno porte. Para essa classificação é exigido um Estudo Ambiental Simplificado (EAS). O enquadramento não se difere com relação ao combustível utilizado para geração de energia.

7.13.1. Tramitação do processo de licenciamento ambiental. Em linhas gerais, as competências para tramitação do processo de licenciamento ambiental encontram-se estabelecidas na Resolução CONAMA nº 237/97.

Ao órgão ambiental estadual cabe o licenciamento de empreendimentos ou atividades com significativos impactos ambientais, localizados ou desenvolvidos em dois ou mais municípios, em unidades de conservação de domínio estadual, cujos impactos ambientais diretos ocorram em área intermunicipal ou quando o município não possui estrutura para realizar licenciamento.

Conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 237/97, em seu Art. 10, § 1º, no procedimento de licenciamento ambiental deverá constar, obrigatoriamente, a certidão da Prefeitura Municipal, declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável de uso e ocupação do solo.

O processo de licenciamento é realizado em três etapas e, para cada uma delas são exigidos estudos e documentos específicos para a emissão das licenças. Na primeira etapa é emitida a licença prévia (LP), na segunda, a licença de instalação (LI) e, por fim, a licença de operação (LO). O prazo para emissão das licenças varia consideravelmente dependendo do órgão licenciador e da qualidade dos estudos ambientais exigidos, mas, como estimativa, tem-se um prazo de 6 meses para emissão de cada licença.

A LP é a licença solicitada na fase de planejamento da atividade e não autoriza a execução de quaisquer obras destinadas à implantação da atividade/ empreendimento. A LP tem prazo de validade de até dois anos e declara a viabilidade do projeto e/ou localização de equipamento ou atividade, quanto aos aspectos de impactos ambientais e diretrizes do uso do solo.

A LI é o documento que deve ser solicitado antes da implantação do empreendimento. Nessa etapa, entre outros documentos, são solicitadas: cópia de autorização de corte expedida (quando couber), as licenças das prefeituras municipais e o Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais. A concessão da LI implica no compromisso do interessado em manter o projeto final compatível com as condições de seu deferimento, tem prazo de validade de até três anos e autoriza a implantação da atividade e instalação de equipamentos, com base no projeto executivo final.

A LO é a licença solicitada após a instalação da atividade/ empreendimento e antes do início de sua operação. A concessão da LO implica no compromisso do interessado em manter o funcionamento dos equipamentos de controle da poluição, de acordo com as condições de seu deferimento, tem prazo de validade de até oito anos e autoriza o funcionamento do equipamento, atividade ou serviço, com base em vistoria, teste de operação ou qualquer meio técnico de verificação.

7.13.2. Supressão da vegetação. A supressão da vegetação para fins de implantação de um empreendimento e manutenção da faixa de segurança é uma atividade que exige prévia obtenção de Autorização de Corte concedida pelos órgãos ambientais. Para isso, normalmente é exigido o inventário florestal da área de influência direta (AID), o qual constitui elemento de análise, e posterior vistoria de campo.

Admite-se excepcionalmente a supressão de vegetação quando necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública e interesse social, mediante autorização do órgão estadual competente com anuência prévia do IBAMA.

Através dos aparatos legais supracitados são feitas restrições para a supressão nos estágios médios e avançados de regeneração florestal, prevendo-se algumas possibilidades de manejo para o estágio inicial. Quando houver justificada necessidade de supressão vegetal em Área de Preservação Permanente (APP), os procedimentos

encontram-se estabelecidos na Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, em que esta possibilidade é regradada:

(...) poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesses sociais, devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao Empreendimento proposto.

Outro aparato legal é apresentado na Resolução CONAMA 369, de 28 de março de 2006, que dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP. O órgão ambiental licenciador avaliará os possíveis impactos, definindo as medidas compensatórias e mitigadoras a serem implementadas pelo empreendedor.

No caso do Ceará normalmente tem adotado a postura de consultar o IBAMA antes de emitir parecer para supressão de vegetação e instalação de empreendimentos em Área de Preservação Permanente (APP), solicitando a devida anuência.

7.13.3. Planos e programas. Na área de abrangência do empreendimento, deve-se obter informações junto a Prefeitura Municipal, bem como junto ao DEINFRA, se não existem planos e programas previstos a serem implantados, mais especificamente na Área de Influência Direta – AID.

Esse procedimento se faz necessário para evitar sobreposição de uso de recursos e/ ou infraestrutura existente, causando sobrecarregamento dos sistemas. Ao longo do processo de licenciamento, quaisquer planos ou projetos que venham a ser definidos serão acrescentados ao processo de licenciamento, objetivando evitar conflitos futuros e integrar potencialidades entre projetos na mesma região.

7.13.4. Estudo ambiental simplificado. A crescente preocupação com o meio ambiente tem levado o país a exercer uma política ambiental cada vez mais efetiva e abrangente. Essa nova política ambiental pode ser constatada na legislação em vigência.

Os estudos ambientais exigidos no processo de licenciamento visam a caracterização da atividade e da sua área de influência, além da identificação dos possíveis impactos ambientais positivos e negativos. O rigor dos estudos varia de acordo com potencial poluidor e porte da atividade.

O empreendimento de produção de biogás se caracteriza como de médio-grande porte e, apesar da atividade (produção de energia termelétrica) se caracterizar como de grande potencial poluidor, o estudo exigido nesses casos é o Estudo Ambiental Simplificado (EAS).

O EAS deve ser elaborado por equipe interdisciplinar de empresa independente e idônea, registrada no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental mantido pelo IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. O EAS também deve apresentar soluções técnicas e ações para prevenir, minimizar ou mitigar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos previstos após instalação e durante a operação da usina.

De maneira geral, o EAS deve conter as informações gerais, caracterização do empreendimento, diagnóstico ambiental, análise integrada do meio ambiente, identificação e avaliação dos impactos ambientais, medidas de controle ambiental, culminando com a proposta dos programas de controle e monitoramento das ações na implantação da usina, objetivando evitar, minimizar e controlar os impactos ambientais negativos e potencializar os impactos positivos.

7.13.5. Projeto básico ambiental. O Projeto Básico Ambiental (PBA) é um documento imprescindível no processo de licenciamento ambiental de um empreendimento de produção de biogás.

No processo de licenciamento ambiental da usina de biogás, a apresentação do PBA é a etapa que sucede à elaboração do chamado EAS, com o qual o empreendedor obtém a Licença Prévia (LP).

Os impactos ambientais caracterizados no EAS são classificados quanto à sua natureza, duração, magnitude, reversibilidade, temporalidade, abrangência, importância, caráter, forma como se manifesta possibilidade de mitigação ou compensação, etc. Em função desta caracterização, propõem-se programas ambientais para controle e redução dos impactos previstos.

O Projeto Básico Ambiental (PBA) da usina objetiva apresentar, em nível executivo, os programas ambientais indicados no Estudo Ambiental Simplificado, permitindo aos órgãos ambientais competentes analisá-los adequadamente, avaliando sua eficácia e permitindo ao empreendedor avaliar de forma mais exata os programas propostos, assim como as responsabilidades ambientais que lhe cabem. Alguns programas que podem ser aplicados ao PBA:

- Programa de Gestão Ambiental Integrada;
- Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar;
- Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas;
- Programa de Monitoramento das Águas Pluviais e Controle dos Processos de Erosão e de Assoreamento;
- Programa de Gestão Ambiental dos Resíduos Sólidos;

- Programa de Gestão Ambiental dos Efluentes Líquidos Industriais e Domésticos;
- Programa de Manejo e Resgate da Fauna Terrestre;
- Programa de Manejo e Resgate da Flora;
- Programa de Recuperação de Áreas Degradadas;
- Programa de Monitoramento do Controle de Vetores e do Transporte Biofertilizantes;
- Programa de Compensação Ambiental;
- Programa de Comunicação Social;
- Programa de Educação Ambiental;
- Programa de Apoio ao Desenvolvimento Social;
- Programa de Estudo de Tráfego e Vias de Acesso;
- Programa Arqueológico.

O plano de controle ambiental da obra deve atender a atual tendência de enfatizar a adoção de medidas preventivas de cuidados com o meio ambiente, para evitar ou reduzir os impactos causados pelas obras e pela presença de um contingente significativo de trabalhadores, vindos de fora, na região de inserção do empreendimento.

Outras ações tais como: preservar o solo orgânico retirado para posterior recuperação das áreas degradadas, destinar adequadamente os resíduos gerados no canteiro e capacitar os trabalhadores para um comportamento adequado em relação ao meio ambiente e à população local, constituem outras tantas medidas que diminuem os custos da recuperação posterior dos locais das obras, além de reduzir os impactos ambientais advindos da implantação do empreendimento.

7.14. Arranjo econômico da usina de biogás. Mesmo como planta híbrida, é importante a geração de receita, que pode ser obtida, por exemplo, através de taxas por recepção de resíduos (municipal), venda de biofertilizantes (podendo ser sólido e ou líquido), venda de energia elétrica, venda de energia térmica, venda de agropellets, venda do biometano (para rede de gás ou para utilização em veículos) e venda de gás carbônico industrial.

Na área de pesquisa e capacitação é importante, também, a geração de receita através de pesquisas públicas e privadas, obtenção de patentes e cursos de formação. Pode-se utilizar os sistemas de captação de recursos do SENAI e da própria Embrapa como modelo para a usina a ser implantada, inclusive buscando uma atuação como parceiro dessas instituições.

7.14.1. Aspectos econômicos. O projeto da usina de biogás deve possibilitar todo o desenvolvimento técnico da geração de energia a partir do tratamento de resíduos da cultura do coco verde, mas também será importante na demonstração da viabilidade econômica de empreendimentos com várias escalas e com vários tipos de substratos.

No caso específico de uma usina de pesquisa e capacitação (UPC), mesmo ela sendo subsidiada por meio público e ou privado, seus custos de operação e manutenção e também suas receitas devem estar explícitas de forma a ser um parâmetro e contribuir para geração de cenários financeiros para outros projetos de usinas.

Como despesas principais, tem-se os custos operacionais, tais como manutenção de equipamentos e obras civis, consumo de energia elétrica e térmica, transporte de substratos e produtos, pessoal operacional e custos administrativos, impostos e taxas, seguros e segurança da planta.

7.14.2 Capex. O investimento total da usina, ou seja, o CAPEX, que inclui todo o processo de implantação e aquisição de equipamentos até a usina começar a operar e gerar energia, é composto principalmente, por:

- Estudos e engenharia;
- Licenciamentos;
- Custos de administração e gerenciamento;
- Área de implantação;
- Construções civis;
- Instalações gerais;
- Instalações elétricas e hidráulicas;
- Conexão na rede elétrica ou gás;
- Sub-estação de energia;
- Tanques de armazenamento;
- Sistema de digestores;
- Equipamentos elétricos e hidráulicos (bombas, compressores, tubulações);
- Sistema de armazenamento de gás;
- Equipamentos de segurança;
- Sistema de purificação de gás;
- Motor gerador;

- Equipamentos eletrônicos;
- Veículos;
- Equipamentos de processamento para biofertilizante;
- Equipamentos de processo para captação de gás carbônico;
- Comissionamento.

7.14.3. Opex. Os custos de operação e manutenção do empreendimento, OPEX, são a chave para a continuidade do negócio. É muito importante a consideração de todas as despesas e gastos com reposição de equipamentos, manutenção e prevenção, para que a usina de biogás continue a ser eficiente e tenha sua “vida útil” conforme a estimada no plano de negócios, que em média gira em torno de vinte anos.

Os principais fatores que influenciam no OPEX de uma usina de biogás são:

- Despesas com substratos;
- Custos de aplicação do material digerido;
- Energia elétrica para os processos;
- Custos com funcionários;
- Custos com análises e monitoramento;
- Materiais de consumo, principalmente com o motor gerador, como óleo;
- Manutenção geral;
- Manutenção e preventivos do motor gerador;

- Seguros;
- Administração;
- Outros.

7.14.4. Equipe de operação. As usinas de biogás tem capacidade para funcionamento constante, ou seja, 24h por dia. Nos cálculos financeiros, o valor mínimo considerado para operação, ou geração de energias, é de 8.000 horas por ano. Para monitorar o funcionamento da planta, além de todos os equipamentos de automação, monitoramento eletrônico, etc. é preciso de pessoal treinado e capacitado para exercer as várias funções.

Na Alemanha, muitas plantas são operadas pelo próprio proprietário, que geralmente é fazendeiro e o produtor de resíduos e substratos para a usina de biogás. Ele recebe treinamento adequado e contrata empresas de monitoramento e manutenção, que supervisionam a usina periodicamente. Esse modelo contribui na redução de custos do OPEX da planta, pois não há despesas diretas com funcionários internos da usina..

Entende-se que plantas de maior escala serão mais usuais no Brasil e, nesses casos faz-se necessária a contratação de pessoal, inclusive em turnos diferentes, para garantir a supervisão constante. A contratação de empresas para manutenção de equipamentos como, motor gerador, bombas, automação, etc. é praticamente inevitável e deve ser sempre considerada no OPEX.

Para a boa operação de uma usina de biogás no Brasil, deve-se contratar equipe operacional para atuar nas seguintes áreas:

- a. Administrativa: geralmente contratado diretamente pelo proprietário da planta. O profissional é responsável por toda parte burocrática da usina, responde por toda a parte

financeira, pessoal, contratos e interage com toda a equipe de operadores. É imprescindível o conhecimento sobre administração de negócios brasileiros;

b. **Operação:** os profissionais de operação da usina podem ser contratados pelo proprietário da planta ou podem ser terceirizados, via uma empresa de prestação de serviços para usinas de biogás. O principal requisito, além da experiência e formação técnica é a disponibilidade, pois o profissional deve estar preparado para ter que atuar em casos de emergências ou de reposição de pessoal, para não comprometer a eficiência de funcionamento da planta. Ainda não existe disponibilidade de pessoal treinado para operar usinas de biogás no Brasil, o que reforça a importância de centros de capacitação nessa área, tais como a usina modelo em estudo. Para o bom funcionamento da planta, estimam-se para o Brasil, dois operadores trabalhando simultaneamente;

c. **Manutenção:** praticamente as mesmas características do operador, acrescentando a necessidade de formação técnica especializada nos equipamentos da usina de biogás;

d. **Biologia e Análises Laboratoriais:** o controle biológico é muito importante para manter o equilíbrio dentro do digestor e a consequente geração de biogás. O profissional deve constantemente monitorar a biologia através de análises de pH, H₂S, CH₄, CO₂, entre outras. As análises poderão ser realizadas no laboratório da usina e/ou em parceria com o laboratório da Embrapa;

e. **Material digerido:** a destinação do material digerido, seja qual for, deve ser de responsabilidade de um profissional.

7.14.5. Aspectos econômicos da usina de biogás. Toda usina de biogás deve detalhar sua planilha financeira com CAPEX e OPEX para a avaliação da sustentabilidade financeira da planta. No caso específico da usina, que projeta um centro de pesquisa e capacitação em

conjunto, faz-se necessário ajustar com os parceiros possíveis fontes de receitas e custos, assegurando os fluxos de caixa.

Certamente, a usina deverá buscar ações entre instituições públicas e privadas para complementar suas receitas e manter a qualidade a que se propõe, como ocorre em instituições de pesquisas, como a Embrapa, e outras entidades que trabalham com pesquisa aplicada, como o SENAI.

7.15. Diretrizes gerais e engenharia. Corresponde à caracterização detalhada das obras civis em nível compatível com a realização física da obra. Deverá ser elaborado a partir dos estudos realizados e em sincronia com a área de pesquisa e capacitação. De forma abrangente, o projeto executivo civil deve conter, entre outros:

- Lista de documentos, incluindo desenhos, lista de materiais, relatórios, especificações técnicas e outros;
- Desenhos gerais tais como: desenhos de locações, desenhos de edificações, desenhos de drenagens, serviços chaves, e outros;
- Dimensionamento das escavações e aterros;
- Estradas internas na área de implantação da usina e vias de acesso;
- Subsídios para elaboração dos relatórios mensais de progresso, na parte relativa às atividades do Projeto Executivo Civil;
- Elaboração do arranjo final em função dos equipamentos eletromecânicos/ biológicos adotados.

7.15.1. Projeto executivo estrutural. O projeto executivo estrutural compreende itens relacionados diretamente a estrutura do projeto, como segue:

- Análise de tensão-deformação e dimensionamento estrutural das estruturas da obra tais como tanques, reatores e outros;
- Análise dos desenhos eletromecânicos e de suas interfaces com o projeto civil;
- Desenhos tais como: detalhes típicos (formas e armadura); camadas de concretagem; formas e listas de materiais.

7.15.2. Projeto executivo arquitetônico. Compreende o desenvolvimento do estudo arquitetônico das estruturas de concreto, arruamento, paisagismo, cercas e outros.

7.15.3. Projeto executivo mecânico. O projeto executivo mecânico compreende o desenvolvimento das seguintes atividades:

- Execução dos desenhos de interligação dos sistemas integrantes do processo;
- Elaboração dos desenhos de peças metálicas diversas;
- Compatibilização com o projeto civil dos equipamentos principais do processo;
- Compatibilização com os projetos elétricos necessários aos processos da usina tais como:
 - Recepção dos resíduos;
 - Preparação dos substratos;
 - Circuitos trocadores de calor;

- Equipamentos principais do digestor;
- Circuitos dos biofertilizantes;
- Automação da usina, e outros.

7.15.4. Projeto executivo elétrico. O projeto executivo elétrico engloba, entre outros, os seguintes itens:

- Especificação dos sistemas auxiliares;
- Projeto civil da subestação elevadora;
- Compatibilização com os projetos civil, mecânico e dos equipamentos principais.
- Compatibilização com os projetos de proteção contra incêndio.

7.15.5. Projeto executivo comando proteção instrumentação e processo biológico. Esse projeto diz respeito a toda parte de comando, proteção e instrumentação referentes ao processo integral da usina de biogás, ou seja, desde o recebimento do líquido da casca de coco até a interligação da usina com o sistema elétrico. Entre outros se citam:

- Interligação dos quadros de comando e proteção;
- Elaboração dos processos de:
 - Partida/parada do grupo gerador;
 - Automação da usina;
 - Acompanhamento da qualidade dos substratos recebidos;

- Acompanhamento da qualidade e quantidade do biogás e do biometano produzido;
- Acompanhamento da qualidade e quantidade dos efluentes produzidos.

7.15.6. Geração de energia elétrica. A energia gerada na usina é considerada renovável e sua fonte primária é a biomassa, que será convertida em biogás através do processo de fermentação anaeróbia.

O biogás será convertido em energia elétrica através de um grupo gerador com posto por um motor de ciclo Otto e um gerador síncrono. A energia gerada será disponibilizada no sistema interligado nacional.

O consumo/venda, desta energia, poderá ocorrer em dois cenários que são o mercado livre – ACL e o mercado regulado – ACR. No mercado livre são realizados contratos bilaterais de venda com os clientes livres, com comercializadoras de energia, ou com a distribuidora de energia que atende a região/Estado. Cada modalidade de venda tem um valor de MWh específico, com prazo de fornecimento característico e neste projeto se buscou otimizar o valor de venda do excedente, a fim de se viabilizar financeiramente o negócio.

Por se tratar de fonte renovável de energia, os custos referentes ao uso dos sistemas de distribuição/transmissão possuem desconto de 100%, tanto para a fonte geradora como para o consumidor livre.

É importante ressaltar que os insumos necessários para a produção de energia elétrica e biogás purificado são distintos, ou seja, no caso da energia elétrica temos que considerar

apenas o consumo interno para a planta anaeróbia e no caso do biogás purificado, além deste consumo, se deve incluir a energia térmica e ou elétrica necessária para purificação e compressão e deverá acontecer somente com o aumento de substratos na usina.

Os custos de investimento também são distintos nos dois casos e é fundamental que sejam verificadas as regulamentações específicas para cada caso. Assim sendo, o projeto está definido para a venda de energia elétrica e considerou-se a alternativa da venda de gás purificado como uma oportunidade a ser desenvolvida brevemente, uma vez que, a receita com venda do mesmo é bem mais expressiva, porém há necessidade de desenvolvimento do mercado local e de análise do interesse em desenvolvimento tecnológico e de capacitação na área de biometano.

7.15.7. Aspectos tributários. A usina de biogás, normalmente opera na modalidade de lucro presumido e a venda de energia está sendo considerada sem a tributação de ICMS, devido a incentivos do governo do estado. Caso haja tributação, esse valor deve ser somado ao preço da venda.

7.16. Descrição da área de implantação do empreendimento de Biogás. Na área de implantação do empreendimento, a usina irá gerar efluentes provenientes dos seguintes fontes:

- Refeitório e esgotos sanitários;
- Drenagem do tanque de armazenamento;
- Drenagem do digestor;
- Drenagem do tanque do digestato;
- Reagentes das análises de acompanhamento do processo biológico;
- Mistura água/óleo proveniente da manutenção de equipamentos;

- Águas pluviais.

Os efluentes provenientes do refeitório, esgotos sanitários, drenos dos equipamentos principais, reagentes de laboratório e purga da torre de equilíbrio de temperatura serão conduzidos ao reservatório de recebimento de substrato e serão tratados juntos com o digestor.

As drenagens dos tanques de armazenamento, digestor e tanque do digestato, quando necessárias, também serão conduzidas ao poço de recebimento quando for necessário, uma vez que a frequência de ocorrência é muita reduzida e o volume pequeno. No caso do esvaziamento de um material digerido, para efeito de manutenção, o seu volume total poderá ser conduzido à bacia de contenção e ao tanque do material digerido, retornar ao processo de fermentação ou ser utilizado com biofertilizante.

No caso de esvaziamento do tanque do material digerido, o seu volume total será conduzido para os produtores como biofertilizante.

As águas pluviais terão basicamente duas características que são:

- Contaminadas com óleo;
- Águas coletadas em outras áreas.

As águas contaminadas com óleo serão oriundas das áreas de descarga e das oficinas mecânicas. Estas águas serão conduzidas a um separador água/óleo antes do seu descarte na bacia de contenção. O óleo será conduzido para local adequado para reprocessamento.

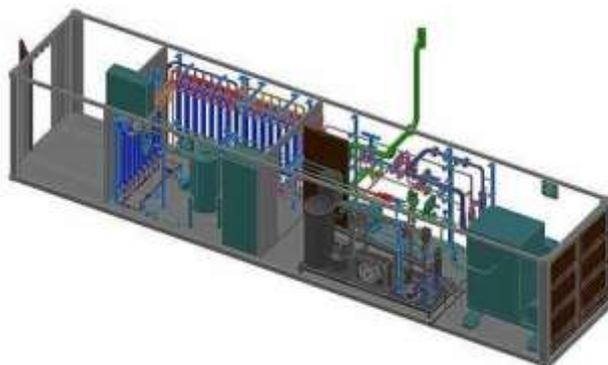
As outras águas pluviais das vias de trânsito serão conduzidas a caixas de retenção de sólidos, distribuídas de forma adequada ao longo das vias, antes do seu descarte. Nas áreas não construídas está se prevendo cobertura com grama e brita.

O grupo motor-gerador será acondicionado em container não havendo nenhum descarte de água ou óleo que tenha que ser coletado continuamente. Quando da troca de óleo de um grupo motor-gerador, o mesmo será descartado de forma adequada para reprocessamento em planta licenciada.

7.17. Implantação do sistema de purificação de biogás e geração de biometano.

Um dos propósitos da usina de biogás com o líquido do processo de fragmentação da casca do coco verde é o desenvolvimento de tecnologias de biometano, substituto do gás natural, com grande demanda no Brasil, principalmente em áreas que não são providas de rede de gás, como no caso no interior do Ceará.

No caso da planta de biogás está previsto a implantação do sistema de purificação de biogás para geração de biometano utilizando o sistema de membranas, que é a melhor tecnologia, hoje, para projetos de biogás.



O estudo de geração de energia já prevê essa implantação.. O sistema de purificação através de membranas utiliza energia elétrica em seu processo e essa energia será absorvida do motor gerador já instalado.

A disponibilidade de geração de biometano da planta será elevada que será comprimida e disponibilizada para venda ou consumo próprio. A empresa de gás tem interesse na

compra do biometano disponível, pois tem a concessão da comercialização de gás do Estado.

Outro produto que poderá ser comercializado, consequente da geração de biometano, é o gás carbônico industrial.

O processo de purificação libera o CO₂ que pode ser captado, purificado e armazenado como gás carbônico líquido, muito utilizado em diversos setores da indústria. Nesse cenário a captação de CO₂ será avaliada com as instituições parceiras para a decisão desse arranjo.

Juntamente com a planta de purificação, deve haver a instalação de sistema de compressão e armazenamento em cilindros ou micro rede, dependendo da opção de destinação comercial.

MERCADO SUPRIMENTO DE BIOMASSA SUSTENTÁVEL



Seção 1 Mercado Global de Biomassa

a. Mercado Global Biomassa. Nos últimos anos, a nossa produção de energia envolve a queima de combustíveis fósseis. Como uma consequência temos um aumento crescente nas emissões de CO₂. É consenso mundial de que os recursos de combustíveis fósseis estão sendo limitados.

Numerosas iniciativas envolvem uma reestruturação da rede de energia e a redução da dependência de combustíveis fósseis. Os combustíveis renováveis podem substituir o papel dos combustíveis fósseis na produção e geração de energia. O crescimento da energia de biomassa foi testemunhado com o aumento das preocupações ambientais, o que resultou em vários países em todo o mundo aumentando a participação de energia renovável em sua matriz energética.

Países como Índia, China, Alemanha, Reino Unido e França anunciaram metas de energia renovável e estão se esforçando para se tornarem nações neutras em carbono no futuro

O mercado está ganhando adoção devido a políticas e regulamentações favoráveis. Além disso, os países da União Europeia estão buscando a eliminação gradual do carvão, o que deve impulsionar a demanda por energia de biomassa. Além disso, atualmente em países como Índia, EUA e China, a co-combustão de usinas de energia a carvão é feita com matéria-prima de biomassa para limitar as emissões de carbono da usina. Espera-se que esses fatores impulsionem o crescimento do mercado no período previsto.

As usinas de energia de biomassa estão testemunhando um interesse crescente de fornecedores de energia e empresas de serviços públicos que visam diversificar sua matriz energética e reduzir sua pegada de carbono. Governos de diferentes países ao redor do mundo também estão introduzindo incentivos e políticas para encorajar o desenvolvimento de infraestrutura de energia de biomassa, pois a reconhecem como uma parte fundamental da solução para mitigar as mudanças climáticas.

Ao mesmo tempo, os efeitos do aumento das temperaturas, como secas e incêndios florestais, também estão impactando o fornecimento e a disponibilidade de matéria-prima de biomassa, como pellets de madeira. Isso leva as empresas de energia de biomassa a explorar novas fontes de materiais de resíduos orgânicos e otimizar suas cadeias de suprimentos para garantir fontes de combustível confiáveis e sustentáveis.