

DESCARBONIZAÇÃO INDÚSTRIAS CIMENTOS -  
BIOMASSA - BIOCARBONO - HIDROGÊNIO

2024



# **DESCARBONIZAÇÃO INDÚSTRIAS CIMENTO – BIOMASSA - BIOCARBONO - HIDROGÊNIO**

A descarbonização é uma prioridade para as economias de todo o mundo, que estão atualmente a repensar os seus sistemas energéticos a uma velocidade sem precedentes, a fim de reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e alcançar metas climáticas ambiciosas. Dessa forma temos o setor das cimenteiras, onde a quantidade de emissão de CO<sub>2</sub> depende do tipo de combustível e do método de processamento específico utilizado, sendo que os fornos são comumente disparados usando carvão, óleo combustível, gás natural, coque de petróleo, biomassa, combustíveis alternativos derivados de resíduos ou misturas desses combustíveis. Para as emissões de CO<sub>2</sub> em 0,86kg CO<sub>2</sub>/kg de clínquer (0,555 kg CO<sub>2</sub>/kg provenientes da calcinação, 0,282 kg CO<sub>2</sub>/kg da combustão de combustíveis fósseis tradicionais e 0,023 kg CO<sub>2</sub>/kg da queima de resíduos para alimentação do forno), considerando-se uma média de 10% de combustível de coprocessamento para o forno. Estima-se que para cada tonelada de cimento em nível mundial, é emitido em média 850 kg de CO<sub>2</sub>. Durante demasiado tempo, a produção industrial foi considerada seletivamente – a mudança para o hidrogênio, biomassa e o biocarbono na produção de cimentos é um exemplo muito presente. No entanto, o desafio e ao mesmo tempo a oportunidade que a indústria cimenteira enfrenta é enorme numa área, em particular: dois terços da procura de energia industrial são representados por calor de processo, a maior parte do qual ainda é gerado através de combustíveis fósseis. É hora de isso mudar.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS BIOMASSA E ENERGIA RENOVÁVEL  
INSTITUTO BRASILEIRO PELLETS BIOMASSA BRIQUETES  
BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA TECNOLOGIA INDUSTRIAL**

Sede Administrativa Brasil Av. Candido Hartmann, 570 24 andar Conj. 243 80730-440  
Champagnat Curitiba Paraná Celular 41 996473481 WhatsApp 41 998173023

E-mail [diretoria@brasilbiomassa.com.br](mailto:diretoria@brasilbiomassa.com.br) Brasil Biomassa [www.brasilbiomassa.com.br](http://www.brasilbiomassa.com.br)

# SUMÁRIO EXECUTIVO

<b>DECLARAÇÕES PROSPECTIVAS .....</b>	<b>15</b>
<b>DIRETRIZES GERAIS SUPRIMENTO DE BIOMASSA SUSTENTÁVEL.....</b>	<b>16</b>
a. Biomassa para reduções emissões dos gases efeitos estufa	
b. Fontes renováveis de energia.	
c. Reduzindo a dependência de combustíveis fósseis	
d. Variáveis da Biomassa em comparação aos combustíveis fósseis	
e. Redução emissões biomassa em substituição carvão	
f. Contabilidade de carbono	
f1. Contabilidade de carbono no setor florestal	
f2. Emissões e reduções de carbono da cadeia de suprimento	
g. Compensação de carbono	
g1. Carbono negativo	
h. Biomassa para Descarbonização industrial	
i. Alternativa renovável às fontes tradicionais de combustível	
j. Gerenciamento de suprimentos de biomassa	
k. Biomassa de origem sustentável	
k1. Manejo florestal	
k2. Plano de reflorestamento	
k3. Certificação florestal	
k4. Florestas com responsabilidade	
k5. Conservação ambiental	
k6. Tendências em Silvicultura Sustentável	
l. Requisitos Fornecimento Biomassa Suprimento Energético	
l1. Diretrizes de abastecimento de biomassa	
l2. Cadeia de Suprimento de Biomassa	
l3. Custo da Cadeia de Suprimento de Biomassa	
m. Gerenciamento da cadeia de suprimentos	
m1. Abordagem da Cadeia de Suprimento de Biomassa	
m2. Modelo de sistema de fornecimento	
n. Sistema de fornecimento de Biomassa	

# SUMÁRIO EXECUTIVO

- n1. Demanda por biomassa
- n2. Uso da biomassa florestal
- n3. Biomassa para geração de energia

## **PRELIMINARES .....35**

### **1. Preliminares**

#### **1.1. Breve Apresentação do Trabalho, Objetivos e Justificativas**

#### **1.2. Tipos de Biomassa para Descarbonização Industrial**

##### **1.2.1. Diretrizes de Valoração Quantitativa dos Resíduos**

##### **1.2.2. Base de Dados do Estudo**

##### **1.2.3. Dados de Biomassa no Brasil**

##### **1.2.4. Biomassa Carbono Zero**

##### **1.2.5. Metodologia do Estudo Setorial**

##### **1.2.6. Plataforma de Dados de Biomassa**

##### **1.2.7. Sistema de Dados de Produção e Disponibilidade de Biomassa**

##### **1.2.8. Objetivos Específicos do Mapeamento**

##### **1.2.9. Fatores Básicos da Produção, Potencialidade e Disponibilidade de Biomassa**

#### **1.3. Identificação da Brasil Biomassa Consultoria Engenharia Tecnologia**

## **II CRISE CLIMÁTICA, EMISSÕES CO2, BIOMASSA SUSTENTÁVEL E DESCARBONIZAÇÃO.....120**

### **2.1. Metas climáticas e estratégias para o desenvolvimento sustentável**

#### **2.1.1. Priorizar energias renováveis**

#### **2.1.2. Desenvolvimento urbano sustentável**

#### **2.1.3. Agricultura sustentável e sistemas alimentares**

#### **2.1.4. Resiliência ao clima**

#### **2.1.5. Padrões sustentáveis de consumo e produção**

#### **2.1.6. Mercado Global**

### **2.2. Biomassa Sustentável**

#### **2.2.1. Benefícios da biomassa**

#### **2.2.2. Manejo florestal sustentável**

#### **2.2.3. Plano de Reflorestamento**

#### **2.2.4. Certificação florestal**

# SUMÁRIO EXECUTIVO

- 2.2.5. Redução emissões gases de efeito estufa
- 2.2.6. Critérios de sustentabilidade
- 2.2.7. Critérios de Verificação de Sustentabilidade
  - 2.2.7.1 . Economia de emissões de gases de efeito estufa
  - 2.2.7.2. Aspectos ambientais
  - 2.2.7.3. Proteção da biodiversidade
  - 2.2.7.4. Mudança indireta no uso da terra
  - 2.2.7.5. Preservação de alto estoque de carbono
  - 2.2.7.6. Manejo florestal e produtividade.
  - 2.2.2.7. Proteção geral e sustentabilidade
- 2.3. Remoções de carbono - Visão Drax Power Energy
- 2.4. Energia Limpa e Neutralidade de Carbono

## **III DIRETRIZES GERAIS DO SETOR INDUSTRIAL CIMENTOS.....150**

- 3.1. Indústria de cimentos
- 3.2. Emissões CO2 fabricação de cimentos
- 3.3. Processo de fabricação do cimento
- 3.4 Matérias-Primas Utilizadas no Processo
  - 3.4.1 Calcário
  - 3.4.2 Argila
  - 3.4.3 Minério de Ferro e Areia
  - 3.4.4 Gesso
  - 3.4.5 Escória de Alto Forno
  - 3.4.6 Pré-homogeneização
  - 3.4.7 Armazenagem em Pilhas
  - 3.4.8 Stacker
  - 3.4.9 Moagem de Cru
  - 3.4.10 Torre de Ciclone
  - 3.4.11 Clinquerização
  - 3.4.12 Forno de clínquer
  - 3.4.13 Fabricação de clínquer

# SUMÁRIO EXECUTIVO

- 3.4.14 Sínteses dos componentes
- 3.4.15 Resfriador de Clínquer
- 3.4.16 Moagem de Cimento
- 3.4.17 Matérias-primas principais para compor o cimento
- 3.4.18 Aditivos utilizados na moagem de cimento
- 3.4.19 Dosagem de Aditivos
- 3.4.20. Cimento como produto final
- 3.5. Coprocessamento e consumo combustíveis fósseis
- 3.6. Clínquer
- 3.7. Estratégia para redução de emissões de carbono

## **IV DESCARBONIZAÇÃO INDÚSTRIA CIMENTOS.....250**

- 4.1. Descarbonização industrial
- 4.2 Descarbonização global
- 4.3. Visão geral da descarbonização industrial em todo o mundo
- 4.4. Descarbonização com uso da biomassa
- 4.5. Opções para descarbonizar a produção de cimento
- 4.6. Reduções de emissões CO<sub>2</sub>
- 4.7. Combustíveis alternativos e coprocessamento
- 4.8. Indústria de cimento portland
- 4.9. Processo produtivo cimento portland
- 4.10. Calcinação
- 4.11. Clínquer e o processo de clínquerização
- 4.12. Substituição do clínquer
- 4.13. Principais impactos ambientais
- 4.14. Emissões de CO<sub>2</sub> da indústria cimentos portland
- 4.15. Economia circular
- 4.16. Alternativas para redução das emissões de carbono
  - 4.16.1. Adições ou substitutos de clínquer
  - 4.16.2. Combustíveis alternativos

# SUMÁRIO EXECUTIVO

- 4.16.3. Eficiência térmica e elétrica
- 4.16.4. Tecnologias inovadoras e emergentes
- 4.16.5. Potencial de mitigação na cadeia da construção
- 4.17. Eletrificação e Biomassa
- 4.18. Coque
- 4.19. Substituição dos combustíveis fósseis pela Biomassa e Biocarbono
- 4.20. Descarbonização das cimenteiras em substituição do carvão e coque por biomassa
  - 4.20.1. Descarbonização do cimentos com uso da biomassa do aço
- 4.21. Descarbonização do cimento com o uso do biocarvão - biocarbono
  - 4.21.1. Potencial de uso de biocarbono em indústrias de cimento
- 4.22. Hidrogênio como alternativa de descarbonização do aço
  - 4.22.1. Diretrizes gerais do Hidrogênio
    - 4.22.1.1. Características
    - 4.22.1.2. Classificação e produção
    - 4.22.1.3. Distribuição
    - 4.22.1.4. Consumo
    - 4.22.1.5. Potenciais aplicações de hidrogênio verde
    - 4.22.1.6. Perspectivas de custo de produção e distribuição
  - 4.22.2. Garantir energia barata, confiável e renovável para produção localizada
- 4.23. Rotas tradicionais para produção de aço
  - 4.23.1. Alto-Forno e Aciaria a Oxigênio
  - 4.23.2. Forno a Arco Elétrico para Obtenção de Aço
- 4.24. Rotas produção de aço com baixas emissões de carbono
- 4.25. Redução direta do ferro por hidrogênio verde
  - 4.25.1. Redução Direta do Minério de Ferro
  - 4.25.2. Redução Direta do Minério de Ferro por Hidrogênio
  - 4.25.3. Tecnologia HDRI-EAF na Produção de Aço
- 4.26. Produção de aço verde via rota H2 DRI EAF
  - 4.26.1. Minérios e Energias Renováveis de Alta Qualidade para um Aço Verde de Baixo Custo
  - 4.26.2. Competitividade de Mercado nas Próximas Décadas para Localidades Ideais

# SUMÁRIO EXECUTIVO

4.26.3	Produção Localizada com Uso da Energia de Rede	
4.27.	Caminhos descarbonização indústria cimenteiras	
4.27.1	O Cenário Nacional de Produção de Cimentos	
4.27.1.1	Eficiência Energética	
4.27.1.2	Gás Natural e Tecnologias de Redução Direta	
4.27.1.3	Hidrogênio e Tecnologia de Redução Direta (HDRI)	
4.27.2.3.1	Vantagens Competitivas	
4.27.2.3.2	Desafios e Riscos	
4.27.2.4	Captura e Armazenamento de Carbono	
4.27.2.5	Compensação das Emissões de GEE	
4.27.2.6	Produção por Eletrólise	
4.28.	Desafios Econômicos e de Mercado	
4.28.1	Perspectivas Quanto à Adoção de Tecnologias	
4.28.2.	Oportunidades globais para produção de cimento à base de H2	
4.29.	Diretrizes finais da descarbonização do aço	
4.30.	Tecnologia de produção hidrogênio verde	
4.30.1.	Tecnologia Hybrit	
4.30.2.	Tecnologia H2G	
4.30.3.	Tecnologia SALCOS	
4.31.	Hidrogênio como agente complementar	
4.32.	Futuro do aço é verde	
4.33	Diretrizes Finais da Descarbonização da Indústria Cimenteira	
<b>V</b>	<b>BIOCARBONO ENERGÉTICO DESCARBONIZAÇÃO INDÚSTRIA CIMENTOS.....</b>	<b>250</b>
5.1	Processos de conversão térmica	
5.2	Pirólise	
5.2.1.	Pirólise Lenta	
5.3	Pirólise Rápida	
5.3.1	Reatores para a pirólise rápida	
5.3.1.1	Reator de leito fluidizado .	

# SUMÁRIO EXECUTIVO

- 5.3.1.2 Leito fluidizado circulante
- 5.3.1.3 Pirolisador de cone rotativo
- 5.3.1.4 Reator ablativo
- 5.3.1.5 Reator rosca sem fim
- 5.3.2 Rendimentos de bio-óleo em reatores de pirólise rápida
- 5.4. Pirólise rápida de biomassa em reator de leito fluidizado
  - 5.4.1 Fluidodinâmica do leito fluidizado
    - 5.4.1.1 Influência das propriedades das partículas
    - 5.4.1.2 Regimes de fluidização
    - 5.4.1.3 Slugging e tendência de agregação das partículas
    - 5.4.1.4 Qualidade da fluidização
    - 5.4.1.5 Mistura e segregação de misturas binárias
    - 5.4.1.6 Algumas correlações para a previsão da velocidade de mínima fluidização
  - 5.4.2 Reatores de leito fluidizado aplicados à pirólise rápida
  - 5.4.3 Reações secundárias em reatores de leito fluidizado
    - 5.4.3.1 Mecanismos de reações na pirólise rápida
- 5.5. Produtos da pirólise rápida
  - 5.5.1. Bio-óleo
    - 5.5.1.1. Propriedades do bio-óleo
    - 5.5.1.2 Características do bio-óleo
    - 5.5.1.3 Teor de água no bio-óleo
    - 5.5.1.4 Densidade do bio-óleo
    - 5.5.1.5 Teor de sólidos
    - 5.5.1.6 Teor de oxigênio
    - 5.5.1.7 Poder calorífico
  - 5.5.2 Aplicações do bio-óleo
  - 5.5.3 Upgrading do bio-óleo
  - 5.5.4. Gases da carbonização
    - 5.5.4.1. Gás natural sintético
- 5.6. Biocarvão/Biocarbono

# SUMÁRIO EXECUTIVO

## 5.6.1. Aspectos gerais de produção do biocarbono

### 5.6.1.1. Tecnologia biogreen

#### 5.6.1.1.1. Propriedades reológicas e características de fluxo da matéria-prima

#### 5.6.1.1.2. Sistema industrial

#### 5.6.1.1.3. Sistema de secagem

#### 5.6.1.1.4. Sistema de pirólise

#### 5.6.1.1.5. Câmara de pirólise

#### 5.6.1.1.6. Sistema de refrigeração

#### 5.6.1.1.7. Sistema de transporte

### 5.6.1.2. Tecnologia de Pirólise em Contêineres

## 5.6.2. Biocarbono combustível energético para minimizar os gases de efeito estufa

## 5.6.3. Biocarbono como substituto dos combustíveis fósseis

## 5.6.4. Biocarbono, bio-óleo e gás sintético ao caminho de uma economia neutra em carbono

## 5.6.5. Valorização da biomassa com a tecnologia de pirólise

### 5.6.5.1. Biocarbono para produção de calor / vapor

### 5.6.5.2. Produção de biocombustíveis e combustíveis sólidos

### 5.6.5.3. Produção de Bio-óleo de alta qualidade

### 5.6.5.4. Produção de Ácido Pirolenhoso

### 5.6.5.5. Gases sintéticos renováveis

### 5.6.5.6. Valorização de lodo de esgoto

### 5.6.5.7. Lodo para aquecimento

### 5.6.5.8. Geração de energia com uso de plásticos

### 5.6.5.9. Plásticos para aquecimento em substituição de combustível convencional em caldeiras

### 5.6.5.10. Resíduos urbanos como fonte de aquecimento

### 5.6.5.11. Resíduos plásticos para a produção de hidrogênio

### 5.6.5.12. Resíduos plásticos e urbano para a produção de metano

### 5.6.5.13. Uso energético da borracha de pneus

### 5.6.5.14. Processos químicos

### 5.6.5.15. Tratamento térmico de produtos químicos

# SUMÁRIO EXECUTIVO

- 5.6.5.16. Valorização da madeira tratada
- 5.6.5.17. Regeneração de carvão ativado
- 5.6.5.18. Recuperação de alumínio
- 5.6.5.19. Valorização de plantas aquáticas e algas
- 5.6.5.20. Tratamento do lodo químico e da celulose
- 5.6.6. Biocarbono para descarbonização industrial
- 5.6.7. Biocarbono como substituto carvão
- 5.6.8. Vantagens e benefícios do biocarbono
  - 5.6.8.1. Aumento do valor energético da biomassa
  - 5.6.8.2. Menor conteúdo de umidade
  - 5.6.8.3. Combustão limpa
  - 5.6.8.4. Redução das emissões dos GEE
  - 5.6.8.5. Fácil implementação
  - 5.6.8.6. Maior compatibilidade ambiental
  - 5.6.8.7. Uso energético como combustível zero carbono para as siderúrgicas
  - 5.6.8.8. Uso energético como combustível zero carbono para as cimenteiras
  - 5.6.8.9. Matéria-prima para produção carvão ativado
  - 5.6.8.10. Biocarbono utilizado na produção de briquete
- 5.6.9. Biocarbono como fonte de geração de energia elétrica
- 5.7. Biocarbono ativado
  - 5.7.1. Propriedades texturais do biocarbono ativado: área superficial e porosidade
  - 5.7.2. Ativação do biocarbono
    - 5.7.2.1. Ativação química e física
    - 5.7.2.2. Impregnação em solução
    - 5.7.2.3. Agentes de ativação
    - 5.7.2.4. Comportamento energético
- 5.8. Tecnologia de pirólise de alta temperatura
  - 5.8.1. Processo industrial de biocarbono
  - 5.8.2. Estágio final de produção de biocarbono
- 5.9. Tecnologia Briquete Carbonizado
- 5.10. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa do eucalipto

- 5.10.1 Eucalipto
- 5.10.2 Pirólise de eucalipto
- 5.10.3 Pirólise da Casca de Eucalipto
- 5.10.4 Aparato experimental
- 5.10.5. Planejamento de experimentos
- 5.10.6 Separação e análise do bio-óleo
- 5.10.7 Caracterização da casca de eucalipto
- 5.10.8 Modelos Cinéticos da pirólise
- 5.10.9 Pirólise da casca de eucalipto em leito fixo
- 5.10.10 Resultado do Biocarbono de Eucalipto
- 5.11. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa do algodão e café
  - 5.11.1 Borra residual do café
  - 5.11.2 Semente de algodão
  - 5.11.3 Prensagem da semente de algodão
  - 5.11.4 Processo de obtenção de bio-óleo e biocarbono: pirólise rápida
  - 5.11.5 Caracterização da biomassa e produtos do processo de pirólise
  - 5.11.6 Pirólise da borra residual do café e semente de algodão
  - 5.11.7 Estudo da biomassa e caracterização do biocarbono não ativado e ativado
  - 5.11.8 Análise imediata, elementar e poder calorífico
  - 5.11.9 Análise termogravimétrica
  - 5.11.10 Espectroscopia na região do infravermelho
  - 5.11.11 Análise e caracterização do biocarbono ativado
  - 5.11.12 Análise do biocarbono por microscopia eletrônica de varredura
  - 5.11.13 Biocarbono obtidos pela pirólise da borra residual do café
  - 5.11.14 Biocarbono obtidos pela pirólise da semente de algodão
  - 5.11.15 Análise dos resultados do Biocarbono algodão e café
- 5.12. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa do amendoim
  - 5.12.1 Casca de amendoim
  - 5.12.2 Preparação do biocarbono ativado
  - 5.12.3 Ativação física/térmica e química

# SUMÁRIO EXECUTIVO

- 5.12.4 Tratamento da casca de amendoim
- 5.12.5 Análise química elementar da casca de amendoim
- 5.12.6 Determinação do teor de umidade da casca de amendoim
- 5.12.7 Determinação do teor de cinzas da casca de amendoim.
- 5.12.8 Determinação do teor de materiais voláteis da casca de amendoim
- 5.12.9 Análise dos resultados do Biocarbono da casca de amendoim
- 5.13. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa do arroz
  - 5.13.1 Produção de arroz e potencial uso dos resíduos gerados
  - 5.13.2 Conversão termoquímica da biomassa do arroz pela pirólise
  - 5.13.3 Pirólise lenta da casca do arroz
  - 5.13.4 Produtos obtidos nos ensaios de pirólise da casca de arroz
  - 5.13.5 Rendimentos dos produtos obtidos na pirólise lenta
  - 5.13.6 Caracterização físico-química do biocarbono do arroz
  - 5.13.7 Análise dos efeitos dos fatores sobre as variáveis
  - 5.13.8 Análise dos resultados do Biocarbono da casca do arroz
- 5.14. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa do coco verde
  - 5.14.1 Fibra do coco como matéria-prima
  - 5.14.2 Beneficiamento da casca de coco para obtenção da fibra
  - 5.14.3 Composição química da fibra do coco
  - 5.14.4 Pirólise da biomassa da fibra do coco
  - 5.14.5 Bio-óleo
  - 5.14.6. Biocarbono coco verde
  - 5.14.7 Análise dos resultados do Biocarbono da fibra do coco
- 5.15. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa da cana-de-açúcar
  - 5.15.1 Bagaço de cana-de-açúcar
  - 5.15.2 Processo de conversão da biomassa da cana-de-açúcar
  - 5.15.3 Pirólise da biomassa da cana-de-açúcar
  - 5.15.4 Rendimento da pirólise da biomassa da cana-de-açúcar
  - 5.15.5 Principais produtos obtidos na pirólise da biomassa da cana-de-açúcar
  - 5.15.6 Bio-óleo

- 5.15.7 Biocarbono da biomassa da cana-de-açúcar
- 5.15.8 Análise dos resultados do Biocarbono da biomassa da cana-de-açúcar
- 5.16. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa do feijão
  - 5.16.1 Resíduo agrícola de Feijão-Caupi
  - 5.16.2 Caracterização da Biomassa do feijão
  - 5.16.3 Processos de conversão da Biomassa do feijão
  - 5.16.4 Pirólise da Vagem de Feijão
  - 5.16.5 Obtenção da Fração Líquida
  - 5.16.6 Extração Líquido-Líquido do bio-óleo
  - 5.16.7 Biocarbono da biomassa do feijão
  - 5.16.8 Análise dos resultados do Biocarbono da biomassa do feijão
- 5.17. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa da laranja
  - 5.17.1 Processo de produção
  - 5.17.2 Biomassa do bagaço da laranja
  - 5.17.3 Pirólise da biomassa da laranja
  - 5.17.4 Parâmetros e cinética da pirólise da laranja
  - 5.17.5 Produtos e aplicações: biocarbono da biomassa da laranja
- 5.18. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa do milho
  - 5.18.1 Sabugo de milho
  - 5.18.2 Componentes do sabugo de milho.
  - 5.18.3 Produtos da pirólise rápida da biomassa do milho
  - 5.18.4 Características do bio-óleo da biomassa do milho
  - 5.18.5 Upgrading do bio-óleo da biomassa do milho
  - 5.18.6 Efeito dos parâmetros de reação na pirólise rápida de biomassa
  - 5.18.7 Efeito do uso de sólidos inertes em um leito fluidizado
  - 5.18.8 Biocarbono da biomassa do milho
  - 5.18.9 Análise dos resultados do Biocarbono da biomassa do milho
- 5.19. Sistema industrial de produção Biocarbono biomassa da soja
  - 5.19.1 Agroindústria da soja e geração de resíduos
  - 5.19.2 Etapas de produção e beneficiamento da soja