



# Estudo de Base sobre o Potencial de Produção de Eletricidade a partir da Biomassa na Guiné-Bissau

Desenvolvido no âmbito do Projeto GEF “Promoção de Investimentos em Energias Renováveis no Sector Elétrico da Guiné-Bissau”



*Desenvolvido conjuntamente pelo Ministério de Energia e Indústria da Guiné-Bissau, a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE), a SIDS SIDS Sustainable Energy and Climate Resilience Organization (SIDS DOCK)*

Autor Principal: Mr. Bart Frederiks, Consultor

Equipa de Projeto: Sr. Júlio António Raul (MEI), Sr. Martin Lugmayr (UNIDO), Sr. Gentjan Sema (UNIDO), Sr. Jansénio Delgado (ECREEE), Sr. Eder Semedo (ECREEE)

Data: Bissau, Junho 2017

UNIDADES E ABREVIATURAS	vi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contexto: o sector da eletricidade na Guiné-Bissau	1
1.2 Projeto GEF	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Estrutura deste relatório	3
2 TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE A PARTIR DA BIOMASSA	4
2.1 Combustão de biomassa	4
2.1.1 Sistema de turbina a vapor	4
2.1.2 Ciclos Orgânicos a Vapor (ORC)	5
2.1.3 Sistemas de máquina a vapor	6
2.1.4 Motores Stirling	6
2.2 Gaseificação	7
2.3 Biogás	8
2.4 Óleos vegetais	9
3 RECURSOS de Biomassa na Guiné-Bissau	10
3.1 Visão Geral	10
3.2 Caju	10
3.2.1 Falso fruto (polpa)	11
3.2.2 Casca de castanha de caju	12
3.2.3 Líquido da casca de castanha de caju	13
3.3 Arroz	14
3.3.1 Palha de arroz	15
3.3.2 Casca de arroz	15
3.4 Destilarias	16
3.4.1 Bagaço de cana-de-açúcar	17
3.4.2 Palha de cana-de-açúcar	17
3.4.3 Vinhaça	18
3.5 Óleo de palma e óleo de amêndoa de palma	18
3.5.1 Óleo de palma	19
3.5.2 Água residual de óleo de palma	20
3.5.3 Casca de amêndoa de palma	20
3.5.4 Outros resíduos sólidos	20

3.6	Amendoim	21
3.7	Exploração Florestal	21
3.8	Criação de animal	23
3.8.1	Produção de estrume	23
4	POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE A PARTIR DA BIOMASSA	24
4.1	Viabilidade técnica de opções de fornecimento de biomassa para produção de eletricidade	24
4.1.1	Combustão de casca de caju	24
4.1.2	Combustão de bagaço de cana-de-açúcar e lixo	25
4.1.3	Combustão de aparas de madeira	26
4.1.4	Gaseificação de casca de arroz	27
4.1.5	Gaseificação da casca de caju	29
4.1.6	Gaseificação de aparas de madeira	30
4.1.7	Biogás de estrumes de gado	31
4.1.8	Biogás de vinhaça de destilaria	33
4.1.9	Outros	34
4.2	Potencial técnico	36
4.3	Economia e competitividade da produção de eletricidade a partir da biomassa na Guiné-Bissau	37
4.3.1	Custos de produção de eletricidade a partir da biomassa	37
4.3.2	Custos de produção alternativos	38
4.3.3	Comparações de custos	38
4.4	Barreiras para introdução de tecnologias de produção de eletricidade a partir da biomassa	40
4.5	Potential national and regional support models	42
4.6	Aspetos de sustentabilidade	44
5	projectos de produção de electricidade a partir de biomassa na guiné-bissau	45
5.1	SAFIM	45
5.1.1	Descrição da central	45
5.1.2	Estado da central	46
5.1.3	Barreiras à operação da central	47
5.2	SICAJU (Bissau)	48
5.2.1	Descrição da central	48
5.2.2	Estado da central	50

5.2.3	Barreiras à operação da central	50
5.3	LICAJU	51
5.3.1	Descrição da central	51
5.3.2	Estado da central	52
5.3.3	Barreiras à operação da central	52
5.4	Lições aprendidas	53
6	SÉRIE DE PROJECTOS	55
6.1	Destilaria BARROS – combustão de bagaço	55
6.2	Destilaria BARROS – produção de biogás	59
6.3	Destilaria de Jugudul – combustão de bagaço	61
6.4	Destilaria de Jugudul – biogás de vinhaça	64
6.5	Destilaria de Quinhamel – combustão de bagaço	66
6.6	Destilaria de Quinhamel – produção de biogás	68
6.7	Fábrica de arroz de AGROGEBÁ	71
6.8	Central de Bafatá	73
6.9	Processamento de caju de ARREY	75
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79
7.1	Conclusões	79
7.2	Recomendações	82

## Referências

## UNIDADES E ABREVIATURAS

### Abreviaturas

CA	Corrente Alternada
C:N (ratio)	Carbono/Azoto (relação)
CHP	Cogeração (Produção combinada de eletricidade e calor – Combined Heat & Power)
CH <sub>4</sub>	Metano
CNSL	Líquido da Casca de Castanha de Cajú
CO	Monóxido de Carbono
COD	Carência Química de Oxigénio (expresso em mgO <sub>2</sub> /l ou ppm)
CO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> eq	Dióxido de Carbono (equivalente) (na contabilização de Gases com Efeito de Estufa)
CC	Corrente Contínua
EAGB	Empresa de Eletricidade e Águas da Guiné-Bissau
ECOWAS	Comunidade Económica dos Estados da África Ocidental
ECREEE	Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO
EFB	Cacho de Fruto Vazio (Empty Fruit Bunch)
EUR	Euro
FCFA	Franco CFA
FFA	Ácidos Gordos Livres
FFB	Cacho de Fruto Completo (Full Fruit Bunch)
GDE	Direcção-Geral de Energia
Ha	Hectare (unidade de área de superfície), 1 ha = 10,000 m <sup>2</sup>
H <sub>2</sub>	Gás Hidrogénio
H <sub>2</sub> S	Sulfureto de Hidrogénio
HRT	Tempo de Retenção Hidráulica
K	Potássio
MV	Média Tensão
N	Nitrogénio
N <sub>2</sub>	Gás nitrogénio
NREP	Política Nacional para as Energias Renováveis
NREAP	Plano de Acção Nacional para as Energias Renováveis
O&M	Operação e Manutenção
ORC	Ciclo Orgânico a Vapor
O <sub>2</sub>	Oxigénio
PPO	Óleo Vegetal Puro
PVC	Cloreto de Polivinilo
SVO	Óleo Vegetal Puro
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
UEMOA	União Económica e Monetária de Africa Ocidental
USD	Dólar Americano

## Unidades

A	Ano
atm	atmosfera (1.013 bar)
°C	Graus Celsius
cSt	Centistokes (mm <sup>2</sup> /s)
D	dia
g, kg, mg	grama, quilograma (1kg = 1000g), miligrama (1mg = 0,001g)
kgf	kg força (9,81 Newton)
H	hora
kJ, MJ, GJ	quilojoule, megajoule, gigajoule (unidade de energia), 1 GJ = 1.000 MJ = 1.000.000 kJ
kV	quilovolt (unidade de tensão elétrica), 1 kV = 1,000 V
kVA, MVA	quilovolt-ampere, megavolt-ampere (unidade de potência eléctrica aparente)
kW, MW	quilowatt, megawatt (unidade de potência), 1 MW = 1,000 kW= 1,000,000 Joules/segundo ( <i>NB o sufixo -e (kWe, MWe) indica potência eléctrica</i> )
kWh, MWh	quilowatthora, megawatthora (unidade de energia), 1 MWh = 1,000 kWh = 3,6 GJ
L	litro
m <sup>3</sup>	metro cúbico
Nm <sup>3</sup>	metro cúbico de gás sob condições normalizadas de pressão e temperatura, i.e. a 20 °C e 1 atmosfera
T	tonelada = 1.000 kg

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto: o sector da eletricidade na Guiné-Bissau<sup>1</sup>

A Guiné-Bissau vem enfrentando, simultaneamente, os desafios inter-relacionados do acesso à energia, segurança energética e mitigação e adaptação de mudança climática. A crise crónica energética dificulta o desenvolvimento social, económico e industrial da Guiné-Bissau. A necessidade para serviços energéticos moderno, fiável e a custo acessível (eletricidade, potência de propulsão, combustíveis modernos) é enorme a todos os níveis (sectores produtivos, sociais, residenciais). O consumo final de energia a nível nacional é caracterizado pela predominância do uso tradicional da biomassa com uma participação de 87,8%, seguido por 11,7% de produtos petrolíferos e apenas 0,5% de eletricidade. A lenha é a fonte dominante de combustível (particularmente para cozinhar) com uma demanda que excede as 500.000 toneladas por ano, seguido do carvão vegetal que é o combustível mais usado em áreas urbanas.

O sistema insustentável de produção e distribuição de eletricidade representa um elevado custo para toda a economia do país, afetando adversamente os custos de produção e o padrão de vida da população. Em termos de produção de eletricidade, o país depende de grupos a Diesel e, enquanto o país continuar a depender de grupos a Diesel para a produção da eletricidade, não se espera que a situação venha a melhorar.

Os vários anos de instabilidade política e distúrbios sociais deixaram a Guiné-Bissau com um sistema e serviço de energia elétrica deficiente e em declínio nas áreas urbanas, periurbanas e rurais. Existe, cada vez mais, um fosso crescente entre a demanda de eletricidade e a capacidade disponível de produção e distribuição nas áreas urbanas. A capacidade de produção tem reduzido em mais de 80% nos últimos anos. As quatro (de sete) unidades operadas pela empresa nacional EAGB (7,5 MW) encontram-se, na prática, a produzir em média, aproximadamente, 2 MW devido à incapacidade de superar os desafios de aquisição de combustível e manutenção. A demanda (potencial) de eletricidade apenas na cidade capital de Bissau foi estimada em 30 MW. Devido a má manutenção e falta de recursos financeiros da empresa a cidade de Bissau enfrenta cortes crónicos de energia e limitação de carga. Devido à falha do sistema de abastecimento público, grandes consumidores tais como as embaixadas, organizações internacionais, hotéis e outras instituições usam geradores a Diesel privados com uma capacidade estimada em 20 MW. Existem também cerca de 800-1000 pequenos geradores a Diesel em uso no sector residencial.

O sistema de transporte e distribuição de energia elétrica na Guiné-Bissau continua ainda subdesenvolvido. A rede elétrica do país foi uma vez dividida em várias redes isoladas que incluem a rede principal para a capital e redes independentes secundárias e centros de produção secundários em áreas periurbanas (Bafatá, Gabu, Farim, Mansoa, Bissora, Canchungo e Catio). Devido à instabilidade política, declínio económico, deficiente manutenção, roubo de cabos e elevados custos de Diesel nenhuma das redes isoladas e instalações de produção encontram-se operacionais. A rede elétrica principal em Bissau encontra-se antiquada e caracterizada por altas perdas técnica e comercial (superior a 30%). Hoje, o sistema de rede elétrica da Guiné-Bissau não se encontra conectado com os seus países vizinhos.

---

<sup>1</sup> Esta secção foi extraída da UNIDO (2014)

Por isso, apenas uma pequena parte da população tem acesso fiável ao serviço de distribuição de eletricidade. A taxa nacional de eletrificação foi estimada em 11,5% em 2010. Existem grandes disparidades entre a capital Bissau (com 29,1% de taxa de eletrificação), as outras grandes cidade do país (com uma taxa média de eletrificação de apenas 4,3%), e as áreas rurais com menos de 1% de taxa de eletrificação. As zonas urbanas e rural pobre na Guiné-Bissau gastam mais rendimento para um serviço de eletricidade de má qualidade do que serviço de eletricidade limpo e moderno de melhor qualidade.

Os custos de produção de eletricidade e as tarifas de consumidor são elevados devido à exclusiva dependência de geradores a Diesel. Elevados custos de operação, elevadas perdas comercial e técnica das redes elétricas e uma pequena base de 19.000 clientes com baixa capacidade e vontade de pagar constituem um enorme fardo para a EAGB e o Governo. Entre 2010 e 2011, a CEDEAO e a UEMOA tiveram que ajudar o Governo com um subsídio de emergência de 10 milhões de dólares americanos para capacitar a EAGB comprar combustível Diesel. As tarifas de consumidor pagas pelos clientes à EAGB ou por produção a Diesel independente são muita elevadas em comparação com o rendimento médio do país ou em comparação com muitos países da CEDEAO, Europa e Estados Unidos.

## 1.2 Projeto GEF

O estudo base e a série de projetos foram executados como parte do projeto GEF “Promoção de investimentos em projetos de tecnologias em energias renováveis de pequena e média escala no sector eléctrico”, que tratam dos desafios energéticos existentes na Guiné-Bissau através da promoção de investimentos nas energias renováveis no sector eléctrico (UNIDO, 2014). O projeto pretende obter os seguintes resultados:

- Na componente investimento, um conjunto de projetos de ER inovadores com uma capacidade total de 2,5 MW serão desenvolvidos e implementados. Além disso, o projeto GEF apoiará o desenvolvimento e aprovação do Plano Nacional de Investimento em Energias Renováveis (PNIER).
- Na componente política, o projeto GEF apoiará o desenvolvimento e aprovação da Política Nacional de Energias Renováveis (PNER) e o Plano de Ação Nacional de Energias Renováveis (PANER). Além disso, o projeto GEF apoiará o desenvolvimento de um estudo de viabilidade para a criação de uma agência reguladora para o sector energético.
- Na componente reforço das capacidades, um programa nacional de reforço de capacidade para as ER será desenvolvido e facilitado a sua implementação.

O projeto GEF está sendo implementado pela Direcção-Geral de Energia (DGE) do Ministério de Energia e Indústria da Guiné-Bissau, com assistência da UNIDO e do Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE)

## 1.3 Objetivos

Os principais objetivos do estudo base e do trabalho de desenvolvimento da serie de projetos incluem:

1. Determinação do potencial de bioenergia para a produção de eletricidade na agroindústria e para fins de eletrificação rural na Guiné-Bissau;
2. Avaliação da situação atual dos projetos de bioeletricidade da SICAJU em Bissau, SAFIM em Safim e LICAJU em Bolama; incluindo uma análise técnica e não técnica dos

- problemas, meios e custos de revitalização ou finalização de projetos, e documentação sobre as lições aprendidas;
3. Prestação de uma série de projetos de bioeletricidade, incluindo o fornecimento de indicadores técnicos e financeiros chave.

#### **1.4 Estrutura deste relatório**

A estrutura do relatório é como segue:

- Capítulo 2 fornece uma breve visão sobre as tecnologias relevantes de produção de eletricidade por biomassa e as suas características técnicas;
- Capítulo 3 apresenta uma avaliação atual dos recursos de biomassa na Guiné-Bissau, com base na produção agrícola e agroindustrial prevalecentes;
- Capítulo 4 apresenta o potencial de produção de eletricidade a partir de biomassa na Guiné-Bissau;
- Capítulo 5 contém os resultados da avaliação de três projetos de eletricidade a partir de biomassa existente que foram anteriormente implementados na Guiné-Bissau;
- Capítulo 6 contém as características técnicas e económicas básicas de nove potenciais projetos de produção de eletricidade por biomassa na Guiné-Bissau;
- Capítulo 7 apresenta as conclusões e recomendações.

## 2 TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE A PARTIR DA BIOMASSA

### 2.1 Combustão de biomassa

#### 2.1.1 Sistema de turbina a vapor

Sistemas de turbinas a vapor são comumente usadas para a produção de eletricidade, embora frequentemente numa escala de vários megawatts. As turbinas a vapor funcionam em ciclos de vapor:

1. Vapor a alta pressão e alta temperatura é produzido numa caldeira; a energia é fornecida pela combustão de um combustível.
2. O vapor expande-se através de uma turbina que conduz um alternador; o vapor sai da turbina a baixa pressão (algumas vezes inferiores à pressão atmosférica).
3. O vapor de baixa pressão é de seguida usado como vapor de processo<sup>2</sup>, ou condensado num condensador.
4. A água condensada é alimentada de volta à caldeira para a ser usada de novo no ciclo.

A eficiência de um sistema de turbina a vapor depende essencialmente das pressões de vapor, a alta e a baixa, e da eficiência da turbina (relativa à escala). Para pequenos sistemas (cerca de 1 MW) que são otimizados para máxima produção elétrica, eficiências bruta na ordem de 15% (combustível à eletricidade) podem ser atingidas. Sistemas de cogeração, em que potência e calor são produzidos, geralmente têm baixa produção de potência mas fornecem eficiências globais muito maiores.

Os sistemas de turbinas a vapor são geralmente usados em aplicações que rondam os 500 kWe e acima, embora pequenas unidades podem ser encontradas em sistemas de cogeração. Eles são principalmente encontrados em grandes centrais elétricas e na indústria, maioritariamente em sistemas de cogeração (ver texto em caixa).

Em países em vias de desenvolvimento, são muitas vezes encontradas em grandes agroindústrias tais com fábricas de açúcar e óleo de palma.

As vantagens de sistemas de turbina a vapor são a sua fiabilidade, suas baixas demandas de manutenção e as suas (relativamente) grandes disponibilidades de condições comerciais.

As desvantagens são o elevado custo de capital e eficiência elétrica limitada – particularmente os sistemas de menor dimensão.

---

<sup>2</sup> Vapor de processo é equivalente a calor de processo usado para fins de aquecimento – nota do tradutor!

### 2.1.2 Ciclos Orgânicos a Vapor (ORC)

Os ciclos orgânicos a vapor são semelhantes aos ciclos de turbina a vapor mas usam fluidos orgânicos em vez de vapor. Os fluidos de trabalho possuem propriedades termodinâmicas diferentes, permitindo os sistemas ORC a funcionarem a temperaturas e pressões mais baixas, evitando assim sobreaquecimento do fluido de trabalho. Isto faz com que os sistemas ORC sejam adequados onde as fontes de calor sejam de baixa temperatura, por exemplo, nas aplicações recuperativas de calor, geotérmica e solar térmica. Quando utilizados em combinação com sistemas de combustão, podem levar custos mais baixos da caldeira, mas também limita temperaturas de combustão; isto pode ser benéfico para alguns tipos de biomassa com baixo comportamento de fusão de cinzas (por exemplo palha). Vantagens adicionais são vida útil operacional do equipamento prolongado, devido às características não erosivas e não corrosivas do fluido de trabalho, e boas características em condições de carga parcial.

Os sistemas ORC são encontrados geralmente em aplicações de pequena a média dimensão, até alguns MWe. As eficiências brutas para sistemas na escala de MW são geralmente um pouco superiores às encontradas nos ciclos a vapor convencionais. Especialmente, a escalas mais baixas (< 1 MWe), a vantagem de eficiência em relação aos sistemas a vapor convencionais é marcante.

#### Caixa: cogeração

Cogeração de potência e calor é uma forma adequada de aumentar a eficiência global de um sistema de produção de energia. A produção (apenas) da potência resulta na produção de grandes quantidades de calor residual – geralmente a baixas temperaturas – o que, normalmente, é visto como um desperdício. Esse calor desperdiçado corresponde a cerca de, pelo menos, 50% da energia primária utilizada; essa participação pode representar mais do que 90% em sistemas energéticos ineficientes.

Em alguns casos, esse calor de baixa temperatura pode ser utilizado para fins de aquecimento ou secagem. Quando se requer calor a maiores temperaturas – por exemplo, vapor na indústria – pode ser benéfico produzir vapor a alta pressão e deixá-lo expandir à pressão e temperatura desejada através de uma turbina – ou extrair parte desse vapor da turbina antes de atingir o estágio de baixa pressão. Isto é designado de cogeração.

Note que sistemas em que o vapor de processo e vapor para o ciclo de vapor são tomados de uma única caldeira não têm vantagens energéticas específicas; porém, podem ter vantagens de custo.



Figura 1: 400 kWe ORC unidade em Admont (Áustria)



Figura 2: 70 kWe máquina a vapor em Bissau

### 2.1.3 Sistemas de máquina a vapor

Como alternativa às turbinas a vapor, as máquinas a vapor podem ser usadas num ciclo a vapor. As máquinas a vapor são motores alternativos, caracterizada por um êmbolo que se desloca num cilindro sob pressão de vapor em expansão – e/ou a sucção provocada pela condensação de vapor de baixa pressão. O movimento linear é transformado num movimento rotativo usando um veio de manivelas e um volante. Um alternador conectado ao veio de manivelas converte a potência mecânica em eletricidade.

Máquinas a vapor estacionárias foram muito usadas na indústria no século XIX e nos primórdios do século XX, mas foram gradualmente ultrapassadas por outros tipos de máquinas (motores Diesel, sistemas de motores elétricos) e turbinas a vapor. Apesar disso, ainda existem fornecedores, e máquinas a vapor podem ser encontradas numa faixa de alguns kW até 1 MW. A eficiência depende das condições do vapor e o fabricante da máquina de vapor, mas geralmente situa-se entre 5-10%.

As vantagens são a relativa simplicidade das máquinas a vapor, sua robustez e a sua larga faixa de aplicabilidade. As principais desvantagens são a baixa eficiência (tipicamente <7%, líquida) e o reduzido número de fornecedores de sistemas de máquinas a vapor. Parece existir ainda três fornecedores ativos de máquinas a vapor:

- Tinytech (Índia), oferecendo pequenos sistemas na faixa de 3-25 kWe. As instalações são de baixo custo (800-1300 USD/kW ex-fábrica) mas a qualidade e eficiência são provavelmente limitadas.
- Benecke (Brasil), oferecendo sistemas na faixa de 20-220 kWe. Esses sistemas foram instalados na Guiné-Bissau (ver capítulo 5); eficiência razoável (aproximadamente 5%, líquida). Custos de investimento na faixa de 2500-5000 USD/kWe (ex-fábrica).
- Spilling (Alemanha), oferecendo sistemas na faixa de 100-1000 kWe. O desempenho é de certa forma superior aos sistemas Brasileiros, principalmente devido a pressões de vapor mais elevadas; isto terá reflexos nos custos de investimentos (desconhecem os indicadores).

### 2.1.4 Motores Stirling

Motores Stirling são máquinas que funcionam segundo a expansão e compressão de um gás contido num cilindro, provocado pelo aquecimento e arrefecimento do fluido de trabalho (por exemplo, o ar). Trata-se de uma máquina que funciona segundo um ciclo fechado: calor é adicionado desde uma fonte de calor externa numa das extremidades do motor, e descarregado a baixa temperatura na outra.

Recentemente, tem-se assistido algum interesse na tecnologia do motor Stirling para aplicações de micro-cogeração, principalmente em combinação com sistemas de aquecimento doméstico alimentados por gás natural na Europa. Também, têm-se desenvolvido sistemas que funcionam em combinação com combustor de biomassa (por exemplo, casca de arroz), numa faixa de 1-10 kWe. Esses sistemas são projetados para funcionamento contínuo à potência nominal, carregando bancos de baterias e fornecer corrente elétrica de 12 V (CC) ou 230 V (CA) através de um inversor. A eficiência situa-se na faixa de 10-15%. As exigências de manutenção são, supostamente, baixas.

As vantagens são eficiências relativamente altas para sistemas de pequena escala e demandas de manutenção baixas. As desvantagens são a baixa máxima escala e necessidade de baterias e

componentes eletrônicos para boa operação. Também, a tecnologia, ainda hoje, não se encontra comercialmente disponível; desconhece-se os custos de sistemas.

## 2.2 Gaseificação

Gaseificação de biomassa é um processo termoquímico que converte a biomassa sólida e pequenas quantidades de ar em gás combustível. Esse gás é designado de gás produzido ou syngas<sup>3</sup> e pode ser usado para produção de calor, ou como um combustível em motores a gás ou Diesel para produção de potência mecânica ou elétrica. De entre os tipos de biomassa adequados para gasificação, destacam-se as aparas de madeira, carolo de milho, casca de frutos e casca de arroz.

O gás produzido é uma mistura de vários gases. Os principais constituintes são o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), hidrogénio (H<sub>2</sub>) e azoto (N<sub>2</sub>). O gás bruto também possui cinza e alcatrão, que devem ser filtrados antes do uso nos motores. Em geral, o gás tem um poder calorífico na faixa de 4-6 MJ/Nm<sup>3</sup>.

Existem muitos tipos de tecnologias de gasificação; o tipo mais comum é o gasificador de leito fixo disponível numa faixa de escala entre 10-500 kW. A eficiência global situa-se normalmente entre 15-20%.

Sistemas de gasificação, caracteristicamente, compreendem os seguintes elementos:

- Um reator gaseificador, onde ocorre a conversão da biomassa em gás produzido. Normalmente, é um vaso em aço onde, no caso de gaseificadores downdraft, o combustível entra pelo topo e o gás sai próximo do fundo. Cinza e carvão são removidos da parte inferior.
- Um sistema de tratamento de gás, que remove os alcatrões e as cinzas do gás bruto e reduz a sua temperatura. Normalmente, inclui um depurador, arrefecedor e filtro de gás.
- Um grupo motor / gerador para usar o gás. Os motores a gás só funcionam com gás; motores a Diesel sempre requerem pelo menos 20% de Diesel durante a operação.



Figura 3: Gaseificador de casca de arroz de 25 kW Indonésia



Figura 4: Gaseificador de casca de arroz de 200 kW Camboja

<sup>3</sup> Gás de síntese ou gás sintético

Um subproduto importante da gasificação é o carvão, um resíduo sólido de carbono. As quantidades dependem do tipo de biomassa e sistema de gasificação. O carvão pode ser usado para o melhoramento do solo e como um meio para o armazenamento de carbono.

As vantagens específicas de sistemas de gasificação incluem a relativa alta eficiência em comparação, por exemplo, com os sistemas de ciclo a vapor, a sua relativa larga faixa de aplicação e possibilidade de serem usados em combinação com grupos motores-geradores existentes. As desvantagens incluem o seu relativo funcionamento e manutenção complicados, sua sensibilidade à qualidade de combustível, baixas cargas e variações de carga e potenciais questões ambientais relacionadas com os resíduos (especialmente os alcatrões).

### 2.3 Biogás

Biogás é um gás inflamável que é produzido pela decomposição bacteriana de matéria orgânica sob condições anaeróbicas. Inclui o metano ( $\text{CH}_4$ , caracteristicamente 50-65%), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ , caracteristicamente 30-45%) e outros gases incluindo o vapor de água e o sulfureto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ). O Poder Calorífico Líquido é normalmente cerca de  $20 \text{ MJ/Nm}^3$ , muito mais elevado que o gás produzido de um gasificador. Pode ser usado na produção de calor (na cozinha ou usado em queimadores ou caldeiras), iluminação ou como combustível num motor a gás ou motores a Diesel.

Biogás pode ser produzido de vários materiais orgânicos. Estrume de animal é muito usado e, de um modo geral, considerado uma fonte de matéria-prima fácil. Águas residuais e lamas podem ser adequadas, dependendo das suas propriedades. Alguns tipos de resíduos orgânicos (secos) – por exemplo de cozinha ou mercados, matadouros ou processamento-agro (por exemplo, efluentes de óleo de palma) – são, igualmente, adequados, e, em alguns casos algas marinhas (por exemplo, jacinto de água) e plantas energéticas (por exemplo *Euphorbia tirucalli* – Alvelos) têm sido utilizados com sucesso. O chorume que sai de um digestor contém ainda a maioria dos nutrientes disponíveis na matéria-prima, e pode ser usado como fertilizante na agricultura.

Sistemas de biogás podem ser aplicados na produção de eletricidade na faixa de larga escala, desde alguns kWe até vários MWe. Os principais elementos de um sistema de biogás são os seguintes:

- Um digestor, onde ocorre a conversão da matéria orgânica. Existem muitos tipos de digestores, desde pequenos sistemas domésticos subterrâneos feitos de tijolo até aos grandes reatores agitados e aquecidos. O tipo apropriado depende essencialmente do tipo de matéria-prima, escala e as condições locais (em particular a temperatura).
- O sistema de gás, consistindo de uma tubagem em aço subterrânea, remoção de condensado, sistema de alívio de pressão, remoção de  $\text{H}_2\text{S}$  (se necessário) e medição de fluxo.
- Equipamento de utilização de gás; isto pode ser queimadores para aplicação de produção de calor, ou grupos motor / gerador para produção de eletricidade ou potência mecânica. Como o gás produzido, o biogás pode ser utilizado em motores a gás ou em motores a Diesel, sendo o último requerendo algum Diesel durante a operação.

As vantagens de sistemas de biogás incluem, de entre outras, a sua baixa complexidade, a possibilidade de usar biomassa húmida (resíduos), a versatilidade de biogás (incluindo nos grupos a Diesel existentes) e possível uso de chorume como fertilizante. As desvantagens

incluem o relativo custo elevado de construção de sistemas de biogás e, em alguns casos, as logísticas de matéria-prima.

## 2.4 Óleos vegetais

Óleo Vegetal Direto (SVO, também conhecido como Óleo Vegetal Puro ou PPO) pode ser usado como um combustível substituto em motores a Diesel, desde que medidas sejam tomadas a fim de se lidar com a alta viscosidade do óleo e que satisfaçam os inúmeros requisitos de qualidade de combustível.

Óleo de alta viscosidade pode causar problemas no sistema de fornecimento de combustível e com a combustão de combustível devido à deficiente atomização. Existem, em linha geral, três maneiras em que a alta viscosidade do PPO pode ser ultrapassada:

- Pelo aquecimento do óleo, que provoca a queda da sua viscosidade. Este método é muitas vezes aplicado em instalações a Diesel estacionárias, que são modificadas de tal forma que o calor dos gases de escape é usado para pré-aquecer o óleo. Note que nem todos os motores são adequados para funcionarem no PPO.
- Pela alteração química das propriedades do óleo, geralmente pela transesterificação. O óleo é depois transformado em biodiesel, que pode ser usado em muitos motores a Diesel sem modificações adicionais. Note que a produção de biodiesel é um processo industrial que carece de uma determinada escala mínima para que possa ser técnica e financeiramente viável.
- Pela mistura do óleo com Diesel fóssil, de tal forma que a viscosidade da mistura seja aceitável para uso no motor. A máxima relação depende das propriedades do óleo, mas, caracteristicamente, entre 20-30% do óleo pode ser misturado com 70-80% de Diesel.

Para além da viscosidade, várias outras propriedades / constituintes devem ser tidas em consideração:

- O nível de Ácidos Gordos Livres (FFA) que podem provocar corrosão das partes do motor e assim levar a uma deterioração rápida do motor.
- Os níveis de fosfolípidos que podem provocar bloqueios no sistema de combustível (filtros) e depósitos nas partes do motor.
- A presença de matéria particular que pode provocar bloqueio rápido de filtros de combustível.
- A presença de água, que pode causar rápida deterioração de óleo e assim reduzir a vida de armazenamento.

Essas propriedades podem, de certa forma, ser manipuladas pela gestão do processo da produção do óleo (colheita e logísticas de sementes de óleo, tipo de compressa e tipo de operação). Podem também ser alteradas facilmente depois da produção, pela neutralização, remoção de gomas, filtragem e secagem.

Outras propriedades importantes incluem a presença de minerais, índice de iodo e número de cetano. Essas propriedades são relacionadas com o tipo e origem do óleo. A vantagem em usar o PPO é que ele permite o uso de motores a Diesel (existentes), com pequenas modificações. A produção de óleo para combustível pode ser uma atividade económica atrativa em alguns países. As desvantagens incluem o elevado custo do óleo, e – em alguns casos – a concorrência com o uso do óleo na alimentação.

### 3 RECURSOS DE BIOMASSA NA GUINÉ-BISSAU

#### 3.1 Visão Geral

Este capítulo apresenta uma visão geral de vários sectores agrícolas e agroindustrial que são potencialmente relevantes para produção da biomassa e bioenergia. A seleção foi feita com base na produção do sector (como indicado nos dados da FAOSTAT 2015) e nos resultados de campo apurados em Junho de 2015. Um resumo dos resultados (produção dos sectores e grandes subprodutos) é apresentado na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1 Recursos de biomassa na Guiné-Bissau**

Produto primário	Produção (t/a)	Subproduto	Produção (t/a)	Escala típica (t/a)
Castanha de caju verde	180,000 Processado 6,000	Falso fruto	504,000	Pequena
		Casca de castanha de caju	3,675	200-2,000
		CNSL	750	<300
Arroz	Bruto 200,000 Líquido 120,000	Casca de arroz	26,400	<300
		Palha de arroz	120,000	Pequena
Fruta de Palma	80,000	Resíduos sólidos	44,000	Pequena
		Água residual de palma	80,000	Pequena
		Casca de amêndoa de palma	30,000	Pequena
Amendoim	46,000	Casca	22,080	Pequena
		Palha	105,800	Pequena
Aguardente	2,750	Bagaço	30,000	1,500
		Resíduos de cana	5,000	250
		Vinhaça	15,000	750
Gado (cabeças)	1,600,000	Estrume	1,176,000	<1,000
Extração de madeira / serrações (m³)	6,400	Resíduos florestais	4,103	200-1,400
		Aparas de madeira	4,014	200-1,400
		Serradura	1,338	100-500

#### 3.2 Caju

O caju é de longe a cultura com maior rendimento na Guiné-Bissau. O caju é cultivado em todo o país, maioritariamente em plantações de escala familiar: a maioria das famílias está engajada na produção do caju (Pacheco de Carvalho & Mendes, 2015). A produção total de caju atingiu, em 2013, aproximadamente, 182.000 toneladas; as exportações oficiais 132.000 toneladas também nesse ano, mas também, grandes quantidades são exportadas para os países vizinhos sem serem registados. As exportações de caju representam 90% das receitas de exportação do país.

A maior parte do caju é comercializada na sua forma bruta, isto é, sem casca. De acordo com ANCA (2015) existem presentemente 17 unidades processadoras de caju operacionais, com uma capacidade combinada de processamento de aproximadamente 15.000 toneladas por ano. A maior instalação tem capacidade de 3.500 toneladas por ano, mas a maioria tem capacidade inferior a 500 toneladas por ano. Todavia, o processamento atual é próximo de nulo devido ao elevado nível de preço da castanha de caju bruta e a dificuldade de acesso ao crédito para

aquisição de stocks<sup>4</sup>. CABIRA/BCP (2013) indicam que que em 2010 cerca de 12% da cultura do caju foi processado, o que seria aproximadamente 13.000 toneladas de castanha bruta. De acordo com Pacheco de Carvalho & Mendes (2015), apenas 3.000 toneladas foram processados em 2013. Neste estudo, assume-se um processamento anual de 6.000 t/ano – especialmente porque a grande capacidade de produção da mais recente companhia (ARREY Africa em Bula).



**Figura 5: Secagem de caju em ARREY Africa em Bula**      **Figura 6: Laico Industries em Quinhamel**

Os principais subprodutos da produção do caju são o falso fruto (polpa) e a casca da castanha de caju.

### **3.2.1 Falso fruto (polpa)**

O falso fruto é o recetáculo espesso ou “falso fruto” no qual se encontra preso a castanha. Os principais constituintes do fruto são a água (85-88%), açúcares (7-12%), fibra bruta (1-4%) e cinza (0,3-1,6%). Por kg de castanha de caju bruta, pelo menos 4 kg de falso fruto é produzido (CABIRA/BCP, 2013); MADER/GPSCA, 2002).

Devido à sua natureza perecível, as possibilidades de utilizar os falsos frutos são limitados. Alguma quantidade é recolhida e usada na produção de sumo e vinho, como se constatou nas visitas de campo. Os processadores de caju colhem os falsos frutos e as castanhas ao mesmo tempo, e separam a castanha do fruto posteriormente. Os falsos frutos são depois esmagados e libertam o suco; o que resta é uma pequena quantidade polpa fibrosa. Cerca de 30% dos falsos frutos são dessa forma transformados (CABIRA/BCP, 2013).

<sup>4</sup> Isto foi confirmado por vários processadores de caju durante a missão do consultor



Figura 7: Colheita manual de caju



Figura 8: Polpa de falso fruto

Para uma produção anual de 180.000 toneladas, uma relação de produção de 4 toneladas de falso fruto por tonelada e uma taxa de utilização de 70%, a disponibilidade de falso fruto seria de 504.000 toneladas/ano.

### 3.2.2 Casca de castanha de caju

O principal subproduto do processamento de caju é a casca da castanha de caju, que representa cerca de 65-70% do peso da castanha de caju bruto. As cascas contêm cerca de 30-35% de líquido da casca da castanha de caju (Rodrigues 2011). A composição e os atributos das cascas dependem da extensão em que esse líquido é removido durante o processo: quando as cascas são cozidas em óleo com vapor, o líquido permanece na casca, mas quando as cascas são torradas ou extrudidas, a maior parte do líquido será removido. No último caso, o rácio da casca (desengordurada) à castanha de caju bruta será menor. A Tabla 2 seguinte fornece uma visão geral dos valores aproximados para algumas propriedades da casca de caju, de acordo com a literatura revista<sup>5</sup>.

Tabela 2: Propriedades da casca de castanha de caju

	Casca processadas com	
	vapor	Cascas torradas
% Peso da castanha de caju bruta (%)	70%	55%
Conteúdo de humidade (%)	10%	5%
Conteúdo de cinza (%)	2%	2%
Poder Calorífico Inferior (MJ/kg)	22	19

Na Guiné-Bissau, a maior parte dos processamentos de caju são feitos com vapor. O calor necessário é fornecido pela queima das cascas (e testa). Estima-se que 10% da casca disponível é usada na produção de calor (Raimundo et al, 2014). Uma instalação de processamento pretende usar o cozimento com banho de óleo; o consumo da casca é ainda desconhecido.

<sup>5</sup> Singh et al (2005); Uamusse et al (2014); Tsamba (2008); Said et al (2014); Tsamba (2006); Venture Renewables (2015); Cardochem (2015).



Figura 9: Casca de castanha de caju



Figura 10: Instalação de queima de casca de castanha de caju

Note que um subproduto secundário do processamento de caju é o cerne interior que envolve a amêndoa (testa), que representa cerca de 2-3% da amêndoa de caju bruto (ECREEE, 2013). A testa é tipicamente usada como combustível da caldeira

Na base de um processamento de 6.000 toneladas/ano, dos quais uma estimativa de 2.500 por banho de óleo, a produção total da casca de caju é calculada em 3.875 toneladas/ano das quais 1.375 toneladas/ano representam casca desengordurada.

### 3.2.3 Líquido da casca de castanha de caju

Como acima mencionado, as cascas de caju contêm uma grande quantidade de líquido (CNSL), um líquido acastanhado escuro contido dentro de uma estrutura alveolar na da casca de caju. Ele representa cerca de 30-35% da casca da castanha de caju, ou 20-25% da castanha de caju bruta. Neste estudo, assume-se uma quantidade recuperável de 15% (na castanha de caju bruta).

CNSL não é um triglicérido e contém uma alta proporção de compostos fenólicos (Akinhanmi et al, 2014). O seu destilado é usado na indústria como matéria-prima para compostos de guarnições de travão, como um agente de prova de água, um preservativo e no fabrico de tintas e plásticos. Não é tóxico e corrosivo à pele.

Na sua forma natural, o CNSL consiste principalmente de ácido anacárdico (aproximadamente 70%) com pequenas quantidades de cardol, cardanol e metilo de cardol (Palvannan, 2012; Radhakrishnan et al, 2014). Contudo, a elevadas temperaturas (185-190 °C), ocorre a descarboxilação, transformando o ácido anacárdico em cardanol (Velmurugan e Loganathan, 2011). Aquecimento de CNSL (como é feito quando se torra ou cozido em banho de óleo) depois resulta no tão chamado CNSL técnico que é rico em cardanol (52%), cardoll (10%) e substância polímeras (30%). Destilação adicional do CNSL aumenta o conteúdo de cardanol (78%) e reduz os polímeros (2%). A Tabela 3 seguinte apresenta valores para algumas propriedades de CNSL com base na revisão da literatura.

**Tabela 3: Propriedades técnicas do líquido da casca da castanha de caju (CNSL)**

	CNSL Natural <sup>a</sup>	CNSL Técnico <sup>b</sup>
Poder Calorífico Líquido (MJ/kg)	40	40
Conteúdo de humidade (%)		2%
Conteúdo de cinza (%)		0.01%
Densidade (kg/l)	0.97	0.95
Viscosidade cinemática a 40°C (cSt)	66	17
Ponto de inflamação (°C)	220	200

Fontes: <sup>a</sup> Palvannan (2012); <sup>b</sup> de acordo com Velmurugan e Loganathan (2011); Radhakrishnan et al (2014); Rajeesh et al (2014); Prasada (2014)

Potencial de produção total, com base no processamento de 6.000 toneladas/ano, é de 900 toneladas/ano das quais 325 seriam produzidos em Bulà, no início deste ano.

### 3.3 Arroz

O arroz é o alimento mais importante na dieta da Guiné-Bissau, responsabilizando-se por 37% do valor do consumo alimentar e cerca de 40% em média da ingestão diária de calorias (Kyle, 2015). De acordo com a FAOSTAT (2015), a produção bruta de paddy tem crescido desde valores inferiores a 100 mil toneladas nos primórdios de 2000s a uma média de cerca de 200 mil toneladas no período 2008-2013. No entanto, as previsões da USDA (2015) indicam um declínio acentuado nos anos recentes de 217 mil toneladas na campanha de 2013/2014 para 133 mil toneladas em 2014/2015.

Segundo Kyle (2015), a produção líquida (isto é, valor líquido excluindo as perdas e retenção de sementes) é aproximadamente 40% inferior. Para a campanha de 2012/2013, a produção bruta foi de cerca de 200 mil toneladas, enquanto a produção líquida foi de cerca de 120 toneladas. A demanda doméstica nesse período foi estimada em 230 mil toneladas, mais de 100 mil toneladas foram importadas.

De acordo com De Amarante (2015), a produção do arroz é desenvolvida por pequenos agricultores em todo o país. Resíduos de colheitas (palha) são deixados nos campos. A maioria do processamento (descasque) ocorre em casas e alguns em pequenos moinhos mecanizados. Um pequeno dispositivo de descasque movido a motor a Diesel foi encontrado em uma comunidade próxima de Bafatá; foi uma unidade de rolo de aço (tipo Engelberg) que é comum na região. Um segundo moinho foi encontrado em Bafatá, propriedade de uma organização de desenvolvimento agrícola chinesa. Esse moinho (moinho de rolo de borracha) processa o paddy de uma associação de agricultores de arroz (Camposa). Processamento é de cerca de 400 toneladas/ano (duas colheitas de 200 toneladas/ano).



Figura 11: AGROGEB A casca de arroz



Figura 12: Equipamento de AGROGEB A

Existe apenas uma grande fábrica de descasque de arroz na Guiné-Bissau, localizada próxima de Bafatá (AGROGEB A). Essa fábrica processa cerca de 1.400 toneladas/ano de paddy dos seus próprios campos (duas colheitas de 700 toneladas/ano).

Os principais subprodutos de produção de arroz são a palha de arroz e casca de arroz.

### 3.3.1 Palha de arroz

Em termos de massa, a palha de arroz é o subproduto mais importante da produção de arroz. O rácio de palha à produção de paddy varia com a qualidade do solo, o nível de fertilizante, a variedade do arroz e a altura de corte durante a colheita (DTU, 2012). Segundo a FAO (2007) é 0,9 para muitas variedades comuns de arroz, mas a DTU (2012) usa 0,75 para um estudo em Mali e Stahl & Ramadan (2007) indicam uma média de 0,6 para o Egípto. Indicadores de rácio para a Guiné-Bissau são desconhecidos; palha de arroz não comumente colhido mas sim deixado no campo. Um valor de 0,6 é usado neste estudo; com uma produção bruta de paddy de 200.000 toneladas/ano, a produção de palha é de 120.000 toneladas/ano.

Principais constituintes da palha de arroz são a celulose (35%), hemicelulose (24%), lenhina (14%) e cinza (18%) (Phyllis, 2015). Poder calorífico líquido é aproximadamente 12 MJ/kg (a um conteúdo de humidade de 10%). A composição da cinza é essencialmente a Sílica ( $\text{SiO}_2$  – 75%) e potássio ( $\text{K}_2\text{O}$  – 12%) (Jenkins et al, 1998). O cloro é cerca de 0,6%.

### 3.3.2 Casca de arroz

Casca de arroz é o principal tipo de resíduo gerado durante o descasque. O descasque de arroz diz a respeito à remoção da casca de arroz do grão. O princípio de descasque consiste em esfregar o grão entre diferentes superfícies de alto atrito para que se possa separar a dura membrana externa de proteção do grão – a casca – das amiláceas macias centrais e do gérmen.

Note que depois de descasque de arroz, o arroz é também polido. Durante o polimento, a fina cama externa do grão – o farelo – é removido, tornando o arroz castanho em arroz branco. Note que o farelo muitas vezes contém partes substanciais de casca fina e grãos de arroz partidos. Dado ao seu elevado valor nutricional é frequentemente vendido como ração animal.

A casca de arroz é um material grosso de natureza fibrosa consistindo de celulose (33%), hemicelulose (19%), lenhina (25%) e cinza (19%) (Phyllis, 2015). A composição da cinza é essencialmente a Sílica (90%) com pequenas quantidades de Cálcio (3%), Potássio (3%) e outros

compostos (Jenkins et al, 1998). O poder calorífico líquido é aproximadamente 12 MJ/kg num conteúdo de humidade de 10%.

A produção da casca de arroz situa-se caracteristicamente na faixa de 20-25% da paddy processada. Em alguns casos, a maioria do farelo do arroz também se junta à casca (por exemplo, em tipos de moinhos Engelberg) assim a casca pode ser tão alta como 35% da paddy processada. Em outros casos (por exemplo, com os moinhos de rolos de borracha na Indonésia), alguma casca é moída até a pó que acaba como farelo a ser vendido como ração animal; a produção da casca pode assim ser menos do que 10% da paddy. Referências para Guiné-Bissau indicam uma produção de 23% (Agrogeba) e 15-20% (Associação Camposa). Um valor de 22% é usado neste estudo; com uma produção líquida da paddy de 120.000 toneladas/ano, a produção da casca de arroz seria de 26.000 toneladas/ano.

### 3.4 Destilarias

Bebidas alcoólicas destiladas (aguardente) são produzidas em diferentes partes da Guiné-Bissau. A matéria-prima principal é a cana-de-açúcar<sup>6</sup>, que é produzida em pequena escala por agricultores e a uma maior escala (centenas de toneladas de cana por ano) por alguns proprietários de destilarias. A cana é transportada para a destilaria e o suco de cana extraído através de prensas mecânicas. O suco é de seguida fermentado e destilado em vasilhames de 1.000 litros de capacidade usando lenha.

Não existe um inventário de destilarias, suas capacidades ou produção atual. Pinto Lopes (2015) estima que o número total na Guiné-Bissau seja de 20. Aproximadamente 3-4 destilarias seriam maiores do que o dele, mas a maioria tem capacidade de produção semelhante ao dele (ver Tabela 4 seguinte). Isto significaria que capacidade total de processamento de cana seria na ordem de 100.000 toneladas de cana-de-açúcar por ano.

Em contraste, a produção anual de cana indicada pela FAOSTAT (2015) foi apenas de 6.350 toneladas em 2013, com 240 ha de colheita. Também, várias destilarias visitadas eram substancialmente mais pequenas na capacidade de processamento e no que podem receber. Noba Sabi (2015) referiu que a produção de bagaço nas destilarias é na ordem de grandeza de centenas de toneladas por ano, com algumas exceções de alguns milhares. Nessa base, a produção da cana e quantidade de processamento são estimados em 25-50 mil toneladas por ano. A área de colheita correspondente seria cerca de 1.000-2.000 ha.

**Tabela 4: Aguardente de cana-de-açúcar na Guiné-Bissau**

Destilaria	Cana em (t/a)	Da própria plantação (t/a)	Produção aguardente (m <sup>3</sup> /a)	Bagaço (t/a)	Lixo (t/a)	Vinhaça (m <sup>3</sup> /a)
Mapilo	5,000	700	275	3,500	500	1,225
Barros	7,500	0	563	3,750	750	3,188
Quinhamel	2,700	1,890	300	1,890	270	1,200
Jugudul	1,286	200	64	771	129	450
<b>Total GB</b>	<b>50,000</b>	<b>12,500</b>	<b>3,000</b>	<b>30,000</b>	<b>5,000</b>	<b>15,000</b>

<sup>6</sup> Uma destilaria (em Quinhamel) também usa outras matérias-primas no seu processo, nomeadamente o vinho de caju e mel.

### 3.4.1 Bagaço de cana-de-açúcar

O bagaço de cana-de-açúcar é o mais importante subproduto do processamento de cana-de-açúcar. É a fibra que fica depois de se ter tirado o suco da cana, consistindo essencialmente de celulose (39%), hemicelulose (31%) e lenhina (17%). O conteúdo de cinza é em média 6%. Logo após a sua produção o bagaço encontra-se muito húmido, mais do que 50% de humidade dependendo da eficiência do processo de extração do suco. Secagem por ar pode reduzir o conteúdo de humidade, por exemplo, até 40%. O Poder Calorífico Líquido é aproximadamente 10 MJ/kg (a um conteúdo de humidade de 40%).



Figura 13: Bagaço na destilaria de Barros, Bissau      Figura 14: Bagaço em Quinhamel

Nas destilarias que foram visitadas na Guiné-Bissau, a produção de bagaço situou-se entre 50-70% da cana processada. As quantidades produzidas nas destilarias visitadas e as estimativas para a Guiné-Bissau são apresentadas na Tabela 4.

### 3.4.2 Palha de cana-de-açúcar

A palha da cana-de-açúcar é o resíduo sólido que é deixado no campo durante a colheita da cana. Consiste de topos de cana e folhas. As quantidades produzidas dependem das variedades, métodos de colheita e condições locais; na revisão de literatura por Hassuani et al (2005), uma faixa de 2-35% da cana é encontrada, com uma média de cerca de 18% (resíduos secos da cana colhida). Medições feitas pelos autores demonstraram 14,4% de matéria seca da cana. O lixo é normalmente deixado nos campos devido ao seu impacto positivo no solo (humidade, controlo de erosão, níveis de carbono e azoto). Porém, de acordo com Terragen (2015), metade do lixo pode ser removido sem afetar os impactos acima mencionados. Para este estudo, uma quantidade recuperável de 10% (matéria fresca) da cana é usada.

O poder calorífico superior do lixo da cana-de-açúcar seco é de aproximadamente 17,5 MJ/kg (Hassuani et al, 2005); isto corresponde a um poder calorífico líquido de cerca de 12,5 MJ/kg a um conteúdo de humidade de 20% (base seca). Conteúdo de humidade de folhas secas situa-se na faixa de 7-12%, enquanto o dos topos frescos situam-se ao redor de 60%. O conteúdo de cinza é de aproximadamente 4% da matéria seca.

Uma questão de preocupação é a presença de cloro e alcalinos no lixo, o que pode causar problemas de escória de cinza e problemas de corrosão nas partes da caldeira

### 3.4.3 Vinhaça

A vinhaça é o líquido residual que fica depois da destilação do vinho. A composição e os atributos da vinhaça de várias origens podem variar bastante. De acordo com Baze-Smith (2006), vinhaça de suco de cana contém principalmente matéria mineral (29%), gomas (20%), ceras, corpos fenólicos e lenhina (17%), açúcares (11%) e proteínas (9%), sendo os restantes glicerol e ácidos orgânicos. É ácido (pH 3,5-5) (Espanha-Gamboá, 2012) e tem COD (Carência Química de Oxigênio) na faixa de 50-150 embora também valores mais baixos tenham sido reportados. Os sólidos totais podem variar de 25 g/l (Charme, 2004) para 65 g/l (Espana-Gamboá, 2012).

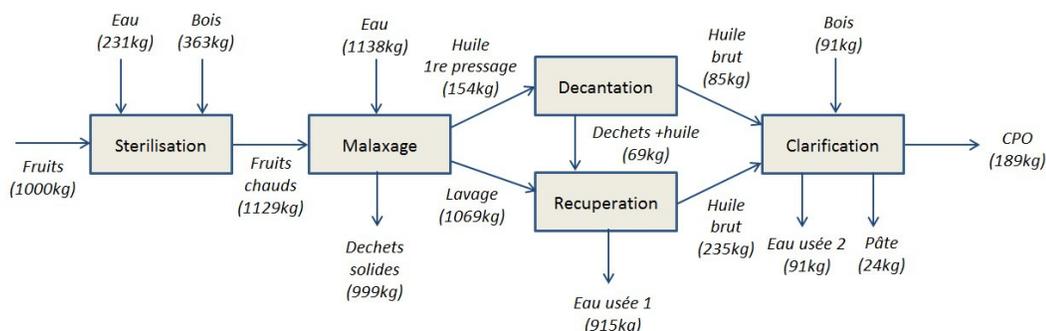
As taxas de produção de vinhaça da cana-de-açúcar na Guiné-Bissau são na ordem dos 4 litros por litro de aguardente. Para vinho de caju esse valor será maior. As taxas típicas de produção das destilarias visitadas durante o trabalho de campo e as estimativas totais para a Guiné-Bissau, são exibidas na Tabela 4.

### 3.5 Óleo de palma e óleo de amêndoa de palma

Na Guiné-Bissau, a produção do fruto de óleo palma – a matéria-prima básica para a produção do óleo de palma – tem estabilizado ao redor das 80 mil toneladas por ano desde os finais de 1990s (FAOSTAT, 2015). A produção característica é de 15-20% de óleo para o fruto, assim a produção de óleo de palma seria cerca de 12-16 mil toneladas por ano.

De acordo com De Amarante (2015), a produção de óleo de palma ocorre em todo o país. É realizado à escala familiar, essencialmente para consumo doméstico, usando métodos tradicionais (manual). Isto foi confirmado durante o trabalho de campo, quando a produção de óleo de palma por um pequeno grupo de aldeões foi observado. Os métodos tradicionais basicamente envolvem a colheita dos cachos de fruto de palma e a remoção dos frutos; esterilização dos frutos pelo aquecimento; trituração dos frutos; remoção de óleo com água; e recuperação e limpeza do óleo.

A Figura 15 é uma representação esquemática do processo como é geralmente encontrado no meio rural da RDC (República Democrática do Congo). Medições revelaram que o processamento de 1 tonelada de frutos de palma (mais 1,4 m<sup>3</sup> de água) rende cerca de 189 kg de óleo (rendimento de 18,9%), aproximadamente 1 tonelada de resíduo sólido (fibra húmida e amêndoas de palma) e 1 tonelada de água residual e lama.



**Figura 15: Representação esquemática da produção tradicional de óleo de palma na RDC (República Democrática do Congo). Fonte: Frederiks (2015)**

Reportou-se também a ocorrência de produção de óleo de palmiste (PKO), de igual modo, de uma forma tradicional, fundamentalmente para produção de sabão. Isto envolve a quebra de nozes de palma e a exposição da amêndoa; trituração da amêndoa e colocação em molho, aquecimento e recolha de óleo. É um processo laborioso e o valor do óleo de amêndoa é, geralmente, muito maior do que o óleo de palma. A produção do óleo é de aproximadamente 6-7% das nozes (Morrison e Heijndermans, 2013).

Os seguintes (sub) produtos da cadeia de produção de óleo de palma pode ser considerado para produção de eletricidade<sup>7</sup>:

- Óleo de palma
- Água residual de óleo de palma
- Casca de amêndoa de palma
- Resíduos sólidos (cachos de frutos vazios, fibra)

### 3.5.1 Óleo de palma

Óleo de palma pode ser usado como combustível em motores a Diesel convencionais. O seu Poder Calorífico Líquido é semelhante ao do Diesel (aproximadamente 42 MJ/kg) e a sua eficiência como combustível é próximo daquele de Diesel. Contudo, existem várias questões que devem ser levadas em consideração:

- Qualidade de óleo. Em muitos casos, o óleo de palma é bastante ácido e contém níveis elevados de fósforo, matéria sólida e água. A modificação do processo de produção de óleo, e/ou o pós tratamento do óleo, é, geralmente, necessário para que se obtenha um combustível de qualidade que possa ser usada sem provocar danos às partes do motor.
- Viscosidade de óleo. À semelhança de muitos óleos vegetais, o óleo de palma é muito mais viscoso do que o Diesel; além disso, solidifica-se à temperatura ambiente. Isto provoca problemas na injeção e combustão, e no sistema de combustível. A viscosidade de óleo pode ser reduzida pelo pré-aquecimento do óleo, pro exemplo, com o calor do motor.
- Preço de óleo em comparação com o Diesel fóssil. Para que se justifique economicamente, os preços de óleo de palma devem ser bastantes inferiores aos do Diesel fóssil. Isto é muitas vezes o caso em locais remotos.
- Influência no mercado alimentar. A demanda crescente para o óleo de palma pode conduzir a um aumento de preço quando a oferta reduzir. Isto pode deteriorar a situação de segurança alimentar de grupos vulneráveis.

Como mencionado, a produção de óleo de palma na Guiné-Bissau será na ordem das 12-16 toneladas por ano; contudo, as quantidades que podem estar disponíveis para a produção de energia dependem fortemente das condições do mercado local, em termos do nível de preço e (especialmente) sobre a produção / distorção de mercado. Não se recomenda considerar o seu uso em locais onde a produção local e o consumo estão bem equilibradas.

---

<sup>7</sup> Cachos de frutos vazios e fibra podem ser usados para produção de eletricidade em larga escala, por exemplo, através de sistemas a vapor; todavia, devido a pequena escala da produção do óleo de palma, recolha das quantidades necessárias de biomassa seria extremamente desafiadora

### 3.5.2 Água residual de óleo de palma

Os processos tradicionais de produção de óleo de palma geram enormes quantidades de água residual. Embora as quantidades e a composição podem variar entre produtores, como referência, são usados os resultados da RDC de Frederiks (2014). Tabela 6 fornece uma visão geral das quantidades e propriedades.

**Tabela 5: Resultados de medições de resíduos de produção de óleo de palma (12 Outubro 2014)**

	Qty (kg/t fruto de palma)	DM conteúdo (%)	ODM conteúdo (%DM)
Água residual da lavagem	915	5.1%	88%
Água residual da clarificação	91	17.0%	89%
Lama de clarificação	24	19.3%	88%
Resíduos líquidos totais	1030	6.5%	88%

A uma quantidade de 1 tonelada por tonelada do fruto de palma processado, a produção total na Guiné-Bissau seria de 80.000 m<sup>3</sup>/a.

### 3.5.3 Casca de amêndoa de palma

A casca da amêndoa de palma é o principal subproduto da produção do óleo de palmiste. A casca contém principalmente lenhina (50%), celulose e hemicelulose (cada cerca de 20%), com até 10% de cinza (Ghani et al, 2009). Poder calorífico líquido é de aproximadamente 18 MJ/kg (a 10% de humidade).

Sementes de palmiste constituem aproximadamente 50% dos resíduos sólidos indicados na Figura 15, assim, 1 tonelada de frutos produz cerca de 500 kg de amêndoas. De acordo com Morrison & Heijndermans (2013), a casca corresponde a 75% da amêndoa, assim 1 tonelada de frutos pode produzir cerca de 375 kg de casca de palmiste, desde que as amêndoas sejam usadas na produção de óleo de palmiste. O potencial de disponibilidade total na Guiné-Bissau seria de 30.000 toneladas/ano.

### 3.5.4 Outros resíduos sólidos

Resíduos sólidos produzidos do fruto de palma e da produção de óleo de palma incluem cachos de frutos vazios e fibra. O cacho de fruto vazio é o resto fibroso duro do cacho depois de se remover os frutos de palma. Quando fresco, é muito húmido (> 50%) e tem o Poder Calorífico Líquido limitado (aproximadamente 7 MJ/kg a uma humidade de 50%). O conteúdo de cinza é cerca de 5% (Phyllis, 2015). Koopmans e Koppejan (1998) reportam 23% EFB em FFB; no fruto de palma isto seria 30%.

A fibra é originária da noz dos frutos de palma. Junto com as amêndoas de palma forma o resíduo que fica depois da extração do óleo de palma. Testes realizados no Congo revelaram que cerca de 15% do resíduo sólido húmido é fibra seco a ar (Frederiks 2015); no fruto de palma este é aproximadamente 150 kg por tonelada. À medida que o material estiver de molho (> 50% de humidade), a sua produção é aproximadamente 250 kg/tonelada do fruto de palma. O conteúdo de cinza é cerca de 7% (Phyllis, 2015). O Poder Calorífico Líquido é aproximadamente 8 MJ/kg a 50% de conteúdo de humidade.

Cacho de fruto vazio e fibra juntos seriam produzidos a uma taxa de 55% do fruto de palma. A produção anual seria assim 44.000 toneladas/ano.

### 3.6 Amendoim

O amendoim é produzido por todo o país, em primeiro lugar para o próprio consumo de pequenos agricultores. FAOSTAT (2015) mostra uma produção total de amendoim de 46.000 toneladas/ano em 2013, frente de uma produção de 20.000 toneladas/ano até aos meados de 2000s. De acordo com a CABIRA/BCP (2013), as principais regiões de produção são Gabu (31%), Cacheu (25%) e Oio (23%).

De Amarante (2015) revelou que havia fábricas de processamento de amendoim (descasque, trituração) mas a industria tem sofrido declínio. Pequenas quantidades são exportadas para o Senegal.

As principais fontes de biomassa originárias da produção de amendoim são a palha e as cascas:

- Palha de amendoim constitui a combinação de caules e raízes. Koopman e Koppejan (1998) reportam uma massa média total de 230% do amendoim em casca (a 15% de conteúdo de humidade) – 105.800 toneladas/ano na Guiné-Bissau. O conteúdo de cinza é de cerca de 8% (feedpedia, 2015); O Poder Calorífico Líquido é aproximadamente 15 MJ/kg (a 15% de conteúdo de humidade).
- A casca de amendoim constitui cerca de metade da massa da amêndoa na casca (48% de acordo com Koopman e Koppejan (1998), a um conteúdo de humidade de 8%). A produção anual seria de 22.080 toneladas/ano. O conteúdo médio de cinza é cerca de 5%, e o Poder Calorífico Líquido é aproximadamente 16 MJ/kg a 8% de conteúdo de humidade (Phylis, 2015).

### 3.7 Exploração Florestal

O sector de exploração florestal da Guiné-Bissau é modesto. De acordo com a FAOSAT (2015), a produção total industrial da madeira redonda tem sido aproximadamente entre 132-145 mil m<sup>3</sup> por ano no período entre 2000-2013, com um volume de madeira serrada variando entre 1.910 e 10.537 m<sup>3</sup>/a. Dados de volumes de colheitas do período 2007-2010, do departamento florestal da Guiné-Bissau (Djata, 2015), diferem consideravelmente (ver Tabela 6). Com base no último, a produção total anual de 6.300 m<sup>3</sup>/a é assumida.



Figura 16: Serração de SGMT, Bissora



Figure 17: Equipamento de serração SGMT

Por lei, não é permitido exportar madeira de abate, Contudo, de acordo com a Global Timber (2015), dados de importação chinesa mostram grandes importações da Guiné-Bissau, atingindo um máximo em 2014 (ver Tabela 6).

**Tabela 6 Produção de madeira de abate na Guiné-Bissau (m<sup>3</sup>/a)**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total produção de madeira de abate <sup>a</sup>	10,537	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	
Produção de madeira de abate por empresas locais <sup>b</sup>	3,250	1,751	6,019	5,139				
<i>Folbi</i>		800	813	229				
<i>Setram</i>		300	1,290	1,580				
<i>Benicio Silva</i>		600	300					
<i>Oeste Africano</i>			1,116	800				
<i>SGTM</i>	2,100		350	380				
<i>Sano Maudó</i>	1,150	51	2,150					
<i>SOCOTRAM</i>				2,150				
Madeira de abate exportada para China <sup>c</sup>	80	3,541	3,942	8,210	7,960	9,254	15,842	63,600

Fontes: <sup>a</sup> FAOSTAT (2015) <sup>b</sup> Djata (2015) <sup>c</sup> Global Timber (2015)

A produção de biomassa da indústria florestal abrange resíduos de madeira e resíduos de serração:

- Resíduos de madeira dizem respeito principalmente ao topo, ramos e folhagem (uma média de 23% do total da colheita de árvore grande – FAO, 1990), cepos (10%) e serradura (5%).
- Resíduos de serração dizem respeito principalmente a placas, bordos e resíduos de corte (17%), casca (5,5%) serradura (7,5%) e perdas (4%). A madeira remanescente é 28% da madeira acima do chão.

Na medida em que madeiras para serrar dizem respeito a madeira redonda sob casca (isto é, excluindo a casca), cada m<sup>3</sup> de madeira para serrar representa 57% do total da árvore de colheita. Para uma produção de 6.300 m<sup>3</sup>/a de madeira para serrar<sup>8</sup>, a produção de resíduos seriam como se segue:

- 2.565 m<sup>3</sup>/a (41%) de resíduos de madeira sólida (topos, ramos, folhagem).
- 2.509 m<sup>3</sup>/a (40%) de sólidos de serração (placas, bordos, resíduos de corte e casca).
- 836 m<sup>3</sup>/a (17%) serradura de serração.

Durante o trabalho de campo, fez-se uma breve visita à SGTm, uma serração listada na Tabela 6. O pessoal disponível indicou que os resíduos da madeira são deixados na floresta e daí, são apanhados pelos habitantes da área para utilizarem-nos como lenha e produção de carvão. Os resíduos sólidos de serração são usados pela serração para produção de carvão; sendo o valor do carvão de aproximadamente 50 FCFA/kg, isto coloca o preço de madeira sólida a aproximadamente 18 USD/tonelada. A serradura não usada – é queimada no pátio da serração.

O poder calorífico líquido da lenha depende fortemente do conteúdo de humidade. Para madeira verde é caracteristicamente cerca de 40% (base húmida), o que resulta num poder

<sup>8</sup> Cortes ilegais são excluídos, visto que é improvável que resíduos de madeira relacionados pudessem ser disponíveis para produção de energia.

calorífico de cerca de 10 MJ/kg. Densidade média de madeira verde é aproximadamente 1,6 toneladas/m<sup>3</sup> (Global Timber, 2015).

### 3.8 Criação de animal

A pecuária é uma atividade importante na Guiné-Bissau, em particular nas regiões de Gabu, Bafatá e Oio. CABIRA/BCP (2013) apresenta resumos do sector pecuário por região em 2011 (ver Tabela 7 a seguir indicada).

**Tabela 7: Pecuária na Guiné-Bissau, 2011 (cabeças)**

Região	Bovino	Cabras	Carneiro	Porco	Cavalo	Burro	Avicultur a	Total
Bimbo	29,080	32,629	374	28,461			85,031	175,575
Cacheu	100,558	95,963	6,617	47,410			193,973	444,521
Oio	261,054	203,073	68,161	304,740	1,165	6,399	522,906	1,367,498
Bafatá	319,260	101,191	81,123	16,666	704	9,979	224,500	753,423
Gabu	754,407	219,448	152,898	1,370	2,929	25,589	365,284	1,521,925
Quinara	21,926	26,935	415	22,719			160,095	232,090
Tombali	11,778	40,555	4,744	8,076			73,350	138,503
Bolama	8,848	18,142	169	43,879			66,535	137,573
<b>Total</b>	<b>1,506,911</b>	<b>737,936</b>	<b>314,501</b>	<b>473,321</b>	<b>4,798</b>	<b>41,967</b>	<b>1,691,674</b>	<b>4,771,108</b>

Fonte: CABIRA/BCP (2013)

De acordo com Correia (2015) existem atualmente 1,6 milhões cabeças de gado na Guiné-Bissau. Cerca de 80% das famílias possuem animais; maioritariamente em pequenos números (< 5 cabeças) mas existem também famílias com mais de 1.000 cabeças. Em princípio, a pecuária é extensiva, os animais saem dos cercos de manhã e voltam à noite. Segundo Balde et al (2015), aproximadamente 40% dos animais na região de Bafatá migram durante os meses da estação seca; para Gabu isto corresponde a aproximadamente 20%. Existem proprietários de animais com rebanhos de mais de 2.000 cabeças. Nessas aldeias, estrumes são recolhidos pelos agricultores para uso na agricultura como fertilizantes.

Durante a missão, fez-se uma breve visita à comunidade de Buntusu (cerca de 10 km de Bafatá). Na comunidade, existem 45 famílias que mantêm em média 50-200 cabeças de gado, com algumas exceções que possuem mais do que 1.000 cabeças. Estrumes são recolhidos das aldeias para uso como fertilizante. Na comunidade, um sistema doméstico de biogás foi uma vez construída, mas nunca funcionou. Porcos, aves, carneiros e cabras são tipicamente mantidos em pequenos números por família. Existem algumas pocilgas, mas elas têm capacidade para 10-20 cabeças. Uma pocilga maior em Nhacra tem até 200 cabeças (incluindo leitões), mas isto é uma exceção.

#### 3.8.1 Produção de estrume

Focalizando no gado, a produção de estrume por animal pode variar consideravelmente, dependendo no tipo, peso do animal e dieta. Produção fresca típica de estrume de animais criados localmente é em média 10-15 kg/cabeça/dia mas a fração recuperável de estrume fresco do gado mantido nas aldeias de noite para dia é uma fração desse valor; por exemplo, Shrestha e Alenyorege (2008) indicam quantidades na ordem de 3 kg/cabeça/dia. Com essas quantidades, e 1,6 milhões de cabeças de gado dos quais 70% são não migratórias, o total de estrume disponível seria de 1.176.000 toneladas/ano.

## 4 POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE A PARTIR DA BIOMASSA

### 4.1 Viabilidade técnica de opções de fornecimento de biomassa para produção de eletricidade

#### 4.1.1 Combustão de casca de caju

Projetos precedentes de produção de eletricidade da casca de caju na Guiné-Bissau basearam-se na combustão e ciclo de vapor (turbina a vapor ou máquina a vapor). Uma visão abrangente desses projetos é apresentada no capítulo 5. A casca é queimada em uma caldeira a vapor, produzindo vapor saturado a pressão moderada (10-20 bar) que depois é expandido à pressão atmosférica numa turbina ou máquina a vapor. O vapor é depois condensado num condensador ou libertado para o ar atmosférico.

Consumo específico de combustível para produção de eletricidade depende grandemente na tecnologia, escala, pressões de vapor usadas e tipo de casca (processado a vapor ou em óleo). A Tabela 8 fornece uma visão dos diferentes parâmetros e o consumo de combustível resultante.

**Tabela 8: Produção de eletricidade e consumo de casca para diferentes alternativas de conversão**

	Unidade	Máquina a vapor <sup>a</sup>		Turbina a vapor <sup>b</sup>	
Produção líquida	kWe	50	200	50	200
Eficiência líquida	%	5%	5%	3%	6%
Produção de eletricidade <sup>c</sup>	MWh/a	135	540	135	540
Consumo anual da casca <sup>d</sup>	t/a	442	1767	690	1473
Consumo específico de casca <sup>d</sup>	kg/kWh	3.3	3.3	5.1	2.7
Consumo anual da casca <sup>e</sup>	t/a	512	2046	799	1705
Consumo específico da casca <sup>e</sup>	kg/kWh	3.8	3.8	5.9	3.2

Notes: <sup>a</sup> com base em caldeira Benecke / máquina a vapor (16/1.2 bar(a) pressão de vapor) <sup>b</sup> contrapressão da turbina (17/1 bar(a) pressão de vapor) <sup>c</sup> com base em 3600 h/a de operação a 75% de capacidade <sup>d</sup> casca processado a vapor <sup>e</sup> casca processado a óleo

Em termos de eficiência, as turbinas a vapor começam a obter desempenho superior às máquinas a vapor apenas as com potência acima de cerca de 150-200 kWe. Em termos de disponibilidade de casca por indústria, essa escala seria na faixa para a maior companhia, que deverá produzir cerca de 2.000 toneladas/a de casca (desengordurada) quando operando a máxima capacidade. Para pequenas indústrias, a tecnologia de máquinas a vapor seria mais eficiente.

#### **Vantagens / Desvantagens**

As vantagens de sistemas de ciclos a vapor são a sua robustez e fiabilidade – maturidade da tecnologia. Sob condições específicas, cogeração de calor de potência pode ser aplicada resultando em eficiências globais maiores. No caso de se aplicar tais sistemas na indústria de processamento de caju, a demanda de vapor é geralmente limitada, e tomar vapor da mesma caldeira seria mais apropriada do que usar vapor parcialmente expandido da turbina / máquina.

Principais desvantagens incluem:

- Tecnologias de ciclo a vapor têm relativamente baixas eficiências a escala relevante, devido à limitada eficiência isentrópica da máquina a vapor e pequenas turbinas, a pressão limitada da caldeira e a expansão para pressão atmosférica (em vez de sub-atmosférica). Consumo de combustível por unidade de eletricidade é, por isso, elevado.
- O CNSL que ainda existe na casca de caju processado a vapor pode causar problemas nos sistemas de caldeiras convencionais. Dentro do forno, o líquido das cascas mistura-se com a cinza e casca não queimada, provocando bloqueio de grelha prevenindo assim a entrada do ar de combustão e a saída da cinza.
- Sistemas de ciclo a vapor têm relativamente custos de investimentos altos a pequena escala. Para máquinas a vapor na faixa de 50-200 kWe o valor seria na ordem de 3.000-5.000 EUR/kWe. Também, para sistemas menores, os custos operacionais por unidade de eletricidade pode ser considerável.

### **Potencial**

Analisando a tecnologia Brasileira de máquina a vapor, a escala mínima é de 20 kWe (bruta) que consumiria cerca de 170-200 toneladas/ano de casca de caju - dependendo do conteúdo de CNSL da casca. De acordo com informação da ANCA (2015), 13 das companhias de processamento de caju registadas na Guiné-Bissau podiam produzir as quantidades necessárias. Sistemas de máquinas a vapor na faixa de 20-220 kWe (bruta) podem ser instalados, com uma capacidade bruta total de aproximadamente 1,1 MWe. A produção líquida total (ao consumo parasítico de 10%) seria 2,7 GWhe/a. Reduzindo a capacidade de produção resultaria em 430 kWe.

Todavia, de acordo com o processamento atual da castanha de caju bruta de 6.000 toneladas/ano, a produção total líquida de eletricidade da casca de caju seria 1,1 GWhe/a. Reduzindo a capacidade de produção resultaria em 430 kWe.

Consumo interno de eletricidade no processamento de caju é desconhecido mas estima-se que seja mais do que 50% da eletricidade produzida. A quantidade de eletricidade que podia ser fornecida às comunidades seria assim limitada.

#### **4.1.2 Combustão de bagaço de cana-de-açúcar e lixo**

Bagaço de cana-de-açúcar – e em muito menor medida, o lixo da cana-de-açúcar – é tipicamente usado para produção de energia em grandes unidade de cogeração, produção de eletricidade e vapor de processo nas indústrias de açúcar. Esses são caracteristicamente sistemas de vários MW com caldeiras e turbinas de alta pressão – quer com contrapressão ou extração, permitindo o fornecimento de vapor a baixa pressão ao processo de produção de açúcar.

A Tabela 9 a seguir ilustrada apresenta indicações de bagaços/palha (rácio 6:1) usadas na produção de eletricidade em pequenas máquinas a vapor e instalações de turbinas. Destilarias maiores, produzindo mais do que aproximadamente 3.000 toneladas/ano de bagaço e palha, podem produzir, de alguma forma, com mais eficiências usando turbina a vapor, mas a questão que se coloca é se essa opção seja mais vantajosa do que máquina a vapor menos complexa. Para destilarias menores, as máquinas a vapor seriam mais eficientes em qualquer caso.

**Tabela 9: Produção de eletricidade e consumo de bagaço / lixo para diferentes opções de conversão**

	Unidade	Máquina a vapor <sup>a</sup>		Turbina a vapor <sup>b</sup>	
Produção líquida	kWe	50	200	50	200
Eficiência Líquida	%	5%	5%	3%	6%
Produção de eletricidade <sup>c</sup>	MWh/a	135	540	135	540
Consumo anual de biomassa	t/a	935	3,738	1,460	3,115
Consumo específico de biomassa	kg/kWh	6.9	6.9	10.8	5.8

Notas: <sup>a</sup>de acordo com caldeira Benecke / máquina a vapor (16/1.2 bar(a) pressão de vapor) <sup>b</sup>turbine de contrapressão (17/1 bar(a) pressões de vapor) <sup>c</sup> com base em 3600 h/a de operação a 75% de capacidade

### **Vantagens / Desvantagens**

À semelhança das indicações acima mencionadas, as principais vantagens dos sistemas de ciclos a vapor são a sua robustez e fiabilidade. Aqui também, o vapor de processo para o processo de destilação seria extraído da caldeira em vez da saída da máquina a vapor.

As principais desvantagens, para além da baixa eficiência e o relativo elevado custo de investimento, é a natureza sazonal da produção da cana-de-açúcar. Alguns proprietários de destilarias reivindicam que a cana está disponível o ano inteiro, mas outros são de opinião que a estação dura 6-7 meses no máximo. Se um sistema for conectado a uma rede isolada, a produção de eletricidade durante os períodos de baixa (ou não) disponibilidade da cana exigiria armazenamento do bagaço; tecnicamente possível, mas seria necessário grandes volumes de armazenamento. Alternativamente, nos períodos de não disponibilidade, a eletricidade teria que produzida usando geradores a Diesel e/ou para um tempo limitado por dia.

Uma nota técnica, o rácio entre o lixo ao bagaço deve ser levada em consideração, para que se limite possíveis problemas com corrosão e escória de cinza provocados pela combustão do lixo.

### **Potencial**

Com base nos dados de produção do bagaço e lixo apresentados na Tabela 4 (35.000 toneladas/ano), o potencial de produção total líquida anual de eletricidade é de 5,1 GWh/a. Para mais de 3.600 horas/ano de operação a 75% de capacidade, a capacidade de produção instalada seria de cerca de 1,9 MW em unidade de 50-200 kWe. Para um consumo de eletricidade de 20 kWh/tonelada da cana esmagada, o autoconsumo seria aproximadamente de 1.000 MWh/ano, isto é, 20% do total da eletricidade produzida.

NB. Uma pequena quantidade de energia térmica pode ser usada no processo de destilação; de acordo com indicações de consumo da lenha, estima-se que seja 2-3% da energia disponível.

### **4.1.3 Combustão de aparas de madeira**

Em todo o mundo, resíduos de madeira (aparas, serradura) são usados na combustão em caldeiras numa larga faixa de capacidades. Muitas serrações operam caldeiras industriais, tipicamente para produção de calor para secagem da madeira e produção de vapor, mas às vezes também para produção de eletricidade. Geralmente, os resíduos dizem respeito aos resíduos de serração; os resíduos de abate de árvores são normalmente deixados na floresta.

**Tabela 10: Resíduos de serração e produção de eletricidade**

Serração	Consumo médio de madeira (m <sup>3</sup> /a) <sup>a</sup>	Resíduos de Serração (t/a)	Produção de Electr. (MWh/a)	Potência Média (kWe) <sup>b</sup>
Folbi	614	522	72	27
Setram	1,057	898	125	46
Benicio Silva	300	255	35	13
Oeste Africano	639	543	75	28
SGTM	708	601	83	31
Sano Maudó	838	712	99	37
SOCOTRAM	2,150	1827	254	94
Total	6,305	5,356	744	276

Notas: <sup>a</sup> consome médio de madeira durante anos de operação, i.e. os anos sem produção são excluídos;

<sup>b</sup> com base em 3600 h/a operação b isto é a soma da média

Devido à semelhança do poder calorífico de resíduos da madeira bruta em comparação com o bagaço / palha da cana-de-açúcar (10 MJ/kg e 10,4 MJ/kg, respetivamente), os valores de consumo de combustível serão ligeiramente maiores do que os apresentados na Tabela 9. Com base nos valores de produção da serração (ver Tabela 10), pode-se concluir que a produção de resíduos da serração da maior fábrica seria suficiente para suportar uma unidade de 100 kWe; uma máquina a vapor seria uma escolha mais eficiente.

#### **Vantagens / Desvantagens**

À semelhança dos aspetos acima mencionados, as principais vantagens dos sistemas de ciclos a vapor são a sua robustez e fiabilidade.

As principais desvantagens são, de novo, a relativa baixa eficiência e o relativo elevado custo de investimento, e produção errática pelas diferentes serrações como mostrada na Tabela 6. Para além disso, a demanda de eletricidade nas serrações (potência de ponta e consumo diário) é desconhecida, assim, é possível que o potencial de produção não corresponda muito bem à demanda no local.

#### **Potencial**

Com base nos valores da Tabela 10, o potencial de produção de eletricidade anual dos resíduos de serração seria de 744 MWh/ano. A eletricidade poderia ser produzida em unidades de 20-100 kWe, com uma potência total instalada de 276 kWe. O autoconsumo das serrações é desconhecido.

#### **4.1.4 Gaseificação de casca de arroz**

A forma mais comum de converter a casca de arroz em eletricidade é através de gaseificação. Gaseificação de casca de arroz é usada para eletrificação rural e produção de eletricidade em fábricas de arroz na Ásia (por exemplo, na Índia, China, Camboja). O gás é usado em motores a gás ou motores a Diesel. A Tabela 11 mostra a produção do arroz e casca de duas maiores fábricas de moinhos de arroz em Bafatá, mais um caso no qual a casca de ambos os moinhos seriam combinados e usados num único gaseificador (por exemplo na central elétrica de Bafatá). Caracteristicamente, fatores de conversão de casca de arroz em eletricidade são na ordem de 1,5-2 kg/kWh (bruto); um valor de 1,8 kg/kWh é usado neste estudo. Uma fábrica de moinho de arroz bem operado produz entre 2-3 vezes a quantidade de casca de arroz necessária para produzir a sua própria eletricidade.

**Tabela 11: Produção de eletricidade a partir da casca de arroz**

	Paddy (t/a)	Casca (t/a)	Eletricidade (MWh/a)	Potência (kW) <sup>a</sup>
Agrogeba	1,400	322	179	66
Camposa	400	70	39	14
Bafatá	1,800	396	220	81

Notes: <sup>a</sup> com base na operação de 3600 h/a e 75% de utilização da capacidade

### **Vantagens / Desvantagens**

Vantagens de gaseificação de casca de arroz incluem:

- A casca de arroz é um combustível gaseificador bem conhecido e não requer pré-processamento (dimensionamento, secagem, briquetagem) antes de uso. A tecnologia de gaseificação de casca de arroz encontra-se bem desenvolvida e existem milhares de sistemas em funcionamento em todo o mundo.
- Em comparação com os sistemas de ciclos a vapor, é um processo razoavelmente eficiente, mesmo em pequenas escalas.
- Os custos de investimentos são modestos, mesmo em escalas de produção pequenas. Na faixa de 50-100 kWe os custos de investimentos seriam na ordem de 1500-2000 EUR/kWe.
- O gás produzido pode ser usado como substituto de Diesel nos grupos a Diesel a qualquer taxa e até 70% de consumo de combustível. Por exemplo, quando a demanda de potência for de 100 kW e a disponibilidade de biomassa for apenas suficiente para suportar uma produção de 40 kW, tal sistema poderia reduzir o consumo de Diesel em 40% do consumo de combustível.
- A possibilidade de usar gás em motores a Diesel facilita a operação, manutenção e reparação dessa parte do sistema.

Desvantagens de gaseificação de casca de arroz:

- Gaseificadores são inerentemente flexíveis com relação à especificação da biomassa e padrão de carga (taxa de carga; flutuações frequente de carga). Projetos de gaseificação requerem que sejam bem-definidos e as condições de funcionamento de gaseificador devem ser cumpridas. O não cumprimento das exigências estipuladas podem facilmente arruinar o projeto.
- Embora a operação e manutenção de sistemas de gaseificação não sejam muito complicados, a solução de problemas de gaseificador, às vezes, requer pessoal capacitado e com experiência, o que não se encontra facilmente disponível em muitos países.
- A casca de arroz é uma biomassa de baixa densidade. Se não for produzido ao longo do ano, certas quantidades devem ser armazenadas o que demanda grandes volumes de armazenamento.
- Usando um motor a Diesel para produção de eletricidade (modo de duplo combustível) é muito mais fácil o que usar motor a gás, mas a quantidade de combustível Diesel que é necessário (geralmente entre 30-40%) acresce-se aos custos operacionais.

### **Potencial**

O potencial prático é atualmente determinado pela produção de casca de arroz na Agrogeba e as fábricas de Camposa. A produção de eletricidade seria cerca de 220 MWh/ano, com uma

capacidade de produção de 81 kWe (com base em 3500 h/a e numa capacidade de utilização de 75%). O consumo da própria fábrica será de 50% no máximo.

Quanto maior a produção do arroz na Guiné-Bissau, maiores serão as quantidades de casca de arroz. Para uma produção anual líquida de 120.000 toneladas/ano (200.000 toneladas/ano bruto), a produção da casca seria de 26.400 toneladas/ano com um potencial de produção de eletricidade de 14,7 GWh. Até onde este potencial pode ser explorado dependerá principalmente na possibilidade de colheita das quantidades necessárias da casca de arroz. Instalações de escala mínima (aproximadamente de 20 kWe) podem ser operadas quando cerca de 100 toneladas/ano de casca de arroz puderem ser mobilizadas, mais ou menos durante todo o ano. Na ausência de fábricas maiores, (dimensão de Camposa, ver Tabela 11) isto será difícil de se conseguir.

#### 4.1.5 Gaseificação da casca de caju

Casca da castanha de caju é, em princípio, adequada para gaseificação, embora experiências correntes sejam limitadas. Existem várias publicações científicas reportando sobre experiências com gaseificação de casca de castanha de caju<sup>9</sup>, mas essas dizem respeito à casca torrada ou processada em óleo, isto é, contendo pouco CNSL. Devido aos problemas relacionados com o CNSL durante a combustão, assume-se que as cascas processadas a vapor não sejam adequadas para gaseificação. Além disso, existe um gaseificador funcionando com casca de caju em Burkina Faso, mas o objetivo é apenas a produção de calor (não a eletricidade)<sup>10</sup>. Dois fornecedores de tecnologias de gaseificação expressaram a sua expectativa que a casca deve ser adequada, mas isto é com base na morfologia do combustível em vez de uma experiência real.

Tabela 12 a seguir indicada oferece uma visão geral do consumo de casca para dois tipos de escalas de produção de eletricidade usado gaseificação. O consumo de combustível é estimado em 1,3 kg de casca por kWh de eletricidade, que é substancialmente abaixo do que daquele de combustão e ciclo a vapor (ver Tabela 8)

**Tabela 12: Produção de eletricidade e consume de casca para gaseificação**

	Unidade	Gaseificação	
Produção líquida	kWe	50	200
Eficiência líquida	%	15%	15%
Produção de eletricidade <sup>a</sup>	MWh/a	135	540
Consumo anual de casca	t/a	171	682
Consumo específico de casca	kg/kWh	1.3	1.3

Notas: <sup>a</sup> com base numa operação de 3600 h/a a 75% de capacidade

#### **Vantagens / Desvantagens**

As vantagens de gaseificação são semelhantes aquelas listadas na secção 4.1.4. acima; alta eficiência em comparação com a tecnologia de ciclo a vapor, relativamente baixos custos de investimentos e as vantagens relacionadas com o uso do gás produzido em motores a Diesel. No caso da indústria de caju, a maior eficiência pode ser uma vantagem real, visto que se desconhece se os sistemas de ciclos a vapor seriam capazes de produzir eletricidade suficiente para cobrir a demanda da fábrica de caju, quanto mais fornecer eletricidade a terceiros.

<sup>9</sup> Por exemplo Bhoi et al (2005); Singh et al (2005)

<sup>10</sup> SNV (2014)

As desvantagens de gaseificação são também semelhantes às aquelas listadas na seção 4.1.4; baixa flexibilidade em relação às propriedades do combustível e operação, ausência de capacidade técnica local para resolver problemas e custos de produção crescentes quando usando os geradores a Diesel. As desvantagens adicionais incluem:

- A experiência limitada com gaseificação de casca de castanha de caju introduz um risco. Seria aconselhável conduzir vários testes nos gaseificadores existentes<sup>11</sup>, com cascas visto que são atualmente produzidos na Guiné-Bissau.
- Como se espera, a presença de CNSL causará problemas nos gaseificadores de leito fixo, no entanto, a extensão em que a gaseificação pode ser usada com as cascas, visto que elas são atualmente produzidas na Guiné-Bissau, é limitada. Quer o processo de produção teria que ser alterada (como é feito em Bulà), ou a casca teria que ser tratada previamente (torrada ou extrudida).

### **Potencial**

À mínima escala de 20 kWe (bruta) – que consumiria cerca de 70 toneladas/ano da casca de caju desengordurada – cerca de 14 das companhias de processamento de caju registadas na Guiné-Bissau poderiam produzir as quantidades necessárias. Sistemas de gaseificador seriam na faixa de 20-500 kWe (bruta) e capacidade total bruta seria aproximadamente de 2,4 MWe. A produção total líquida (a 10% de consumo parasítico) seria de 5,9 GWhe/a.

Com base no processamento atual da casca de castanha de caju bruta de 6.000 toneladas/ano, a produção total líquida eletricidade da casca de castanha de caju seria de 2,4 GWhe/ano. O consumo interno de eletricidade para o processamento de caju é estimado em menos de 50% da eletricidade produzida.

Apenas uma companhia produz casca de caju desengordurada (aproximadamente 2.000 toneladas/ano). A produção líquida de eletricidade dessa casca seria de 1,4 GWhe/ano em sistemas de 500 kWe.

### **4.1.6 Gaseificação de aparas de madeira**

Em vez de ser convertido em eletricidade através da combustão e ciclo de vapor, as aparas de madeira também podem ser usadas como combustível de gaseificador, com eficiências consideravelmente altas. A taxa de conversão seria de aproximadamente 1,5-1,7 kg de madeira (a humidade de 20%) por kWh. Tabela 13 a seguir indicada oferece uma visão geral do potencial de produção de eletricidade para as serrações registadas na Guiné-Bissau. A faixa total das capacidades de produção de potência situa-se dentro da faixa disponível da capacidade de gaseificador.

---

<sup>11</sup> Quer seja enviando alguma toneladas para um gaseificador em Ásia ou pelo teste da casca em um gaseificador de casca de arroz na GB se ele puder lidar com ambos os combustíveis

**Tabela 13: Resíduos das serrações e produção de eletricidade**

Serração	Consumo médio de madeira (m <sup>3</sup> /a)	Aparas de Madeira (t/a)	Produção de Electr. (MWh/a)	Potência Média (kWe) <sup>a</sup>
Folbi	614	391	245	91
Setram	1,057	673	421	156
Benicio Silva	300	191	119	44
Oeste Africano	639	407	254	94
SGTM	708	451	282	104
Sano Maudó	838	534	334	124
SOCOTRAM	2,150	1,370	856	317
Total	6,305	4,017	2,511	930

Notas: <sup>a</sup> com base em 3600 h/a de operação e 75% de capacidade de utilização

#### **Vantagens / Desvantagens**

As vantagens e desvantagens da gaseificação de aparas de madeira são, grandemente, semelhantes às descritas na secção 4.1.4:

- Gaseificação é um processo relativamente eficiente em comparação com sistemas de ciclo a vapor.
- Madeira é uma boa matéria-prima para gaseificação; é produzido localmente e pode ser armazenado com facilidade.
- O gás pode ser usado em motores a Diesel, desde que acutelados a flexibilidade à escala e facilitação de operação e gestão.
- Os custos de investimentos são relativamente baixos.

As desvantagens incluem os seguintes:

- Inflexibilidade em relação à especificação da biomassa e padrão de carga.
- Resolução de problemas é difícil se não impossível na ausência de expertise.
- Para os gaseificadores de madeira de tipo comum (leito fixo, down draft) o máximo conteúdo de humidade é aproximadamente 20%, o que requer secagem de aparas de madeira.
- Quando usado em combinação com um motor a Diesel, o combustível Diesel necessário aumentará os custos de operação.

#### **Potencial**

Como mostrado na Tabela 13, o potencial de produção de eletricidade de todos os resíduos sólidos das serrações (i.e. excluindo a serradura) seria cerca de 2,5 GWhe/ano (2,3 GWhe/ano líquida) e a capacidade total de produção seria de 930 MWe. Até que ponto essa capacidade poderá ser implementada nas serrações depende das características de carga; flutuações elevadas de carga são comuns em serrações e isto limita o nível em que a potência pode ser produzida com um gaseificador. No entanto, o uso de aparas de madeira para eletrificação rural pode oferecer uma alternativa. A uma escala mínima (20 kWe), um gaseificador operando por 6 h/d a 75% de capacidade requereria cerca de 50 toneladas de madeira (seca) por ano, o que representa apenas uma fração do que cada serração produz por ano.

#### **4.1.7 Biogás de estrumes de gado**

Estrumes de gado é uma boa matéria-prima e “funciona sem problemas” para digestão anaeróbica. É usado para produção de biogás numa vasta gama de escala, fins domésticos,

institucionais e arranjos agroindustriais. Nas regiões tropicais pode ser produzido sem mistura, sem tanque de aquecimento ou reatores pistão. Mistura com água (geralmente em rácio de 1:1) é uma exigência.

O biogás pode ser usado para produção de eletricidade em motores a gás ou motores a Diesel; para uma produção de biogás de 30 litros por kg de estrume fresco, um biogás NCV de 20 MJ/Nm<sup>3</sup> e uma eficiência de motor de 25% (1,38 kWh/Nm<sup>3</sup> de biogás), cada tonelada de estrume pode produzir 42 kWh de eletricidade. A Tabela 14 mostra o estrume, biogás e capacidade de produção de eletricidade em diferentes escalas.

**Tabela 14: Produção de biogás e eletricidade de estrumes de gado**

Efetivos de animais	cabeças	50	100	200	500
Recuperação de estrumes	kg/d	150	300	600	1,500
Produção de biogás	Nm <sup>3</sup> /d	4.5	9	18	45
Produção de eletricidade	kWh/d	6	13	25	63
Produção média	kWe	1.4	2.8	5.6	13.9

Notas: <sup>a</sup> com base numa operação de 6 h/d

Produção de eletricidade com geradores de gás é viável desde a potência a partir de 5 kWe, consumindo cerca de 15 Nm<sup>3</sup>/d de biogás por um período de 5 horas (a 75% capacidade); isto seria viável para aproximadamente 200 cabeças de gado ou mais. No entanto, é possível a produção a uma escala menor quando se usa o gás num motor a Diesel; para um gerador a Diesel de 5 kWe, qualquer quantidade até 10 Nm<sup>3</sup>/dia pode ser usado, mas pequenas quantidades de gás significam maior consumo de Diesel.

#### **Vantagens / Desvantagens**

A produção de biogás e eletricidade de estrumes de gado tem várias vantagens:

- Estrume de gado é uma matéria-prima fácil de obter que pode ser usado em diferentes tipos de digestores (baixa tecnologia) numa vasta gama de escala.
- É particularmente interessante nos locais onde já existe um grupo Diesel a funcionar, visto que o gás pode ser diretamente usado como combustível do motor.
- Opções de adicionar (co) substratos podem aumentar a produção do sistema.
- A lama digerida pode ainda ser usada como fertilizante na agricultura.

As desvantagens incluem:

- Estrume de gado não possui uma produção particularmente alta de biogás, por isso grandes quantidades são necessárias para produção em uma escala que seja interessante para produção de eletricidade.
- São necessárias grandes quantidades de água.
- O uso de gás em motores a Diesel pode reduzir o consumo de Diesel mas não o elimina; pelo menos 20% da energia continuará a ser de Diesel.

#### **Potencial**

É difícil de se avaliar o potencial atual, na medida em que depende do número de lugares onde quantidades suficientes de estrumes podem ser recolhidas ao longo do ano; o acesso à água desses locais; a demanda de energia desses locais. O total de produção de estrumes recuperável na Guiné-Bissau com base em 1,6 milhões de cabeças de gado dos quais 70% não migram durante a estação seca, seria cerca de 1,2 milhões de toneladas, o suficiente para produzir 49 GWh/ano de eletricidade. Porém, sem uma indicação da distribuição do gado é impossível estimar as quantidades atuais de estrumes que podem estar disponíveis em uma escala suficiente. Como uma primeira análise, o potencial combinado de 10 rebanhos de 1000 cabeças e 50 rebanhos de 500 cabeças seria de 1,5 GWh/ano e 972 kW.

#### 4.1.8 Biogás de vinhaça de destilaria

O tratamento anaeróbico da vinhaça é um método experimentado para se reduzir o COD do resíduo antes da descarga. A tecnologia mais comum é o UASB, tendo-se atingido taxas de remoção de COD superior a 95%. Dependendo das características específicas da vinhaça, pode também ser possível usar sistema tipo lagoa, que é mais robusto e fácil de construir e operar. Produções típicas de biogás situam-se na faixa de 15-20 Nm<sup>3</sup> de vinhaça (De Souza et al, 2011); Espana-Gamboa, 2012; Chamy, 2004) com conteúdos de metano na faixa de 65%-84%. Neste estudo, uma produção de 15 Nm<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de vinhaça é usada.

A Tabela 15 a seguir indicada fornece uma visão geral da vinhaça, biogás e potencial de produção de eletricidade para um conjunto de destilarias e para a média das destilarias em Guiné-Bissau. Um fator de conversão conservador de 1,5 kWh/Nm<sup>3</sup> de biogás é usado.

**Tabela 15: Produção de eletricidade de vinhaça em Guiné-Bissau**

Destilaria	Produção de aguardente (m <sup>3</sup> /a)	Vinhaça (m <sup>3</sup> /a)	Vinhaça (m <sup>3</sup> /d)	Biogás potencial (Nm <sup>3</sup> /d)	Produção de eletricidade (MWh/a)	Capacidade (kWe) <sup>a</sup>
Mapilo	275	1,225	4.9	74	26	9
Barros	563	3,188	12.8	191	66	25
Quinhamel	300	1,200	4.8	72	25	9
Jugudul	64	450	3.6	54	9	3
Média GB	138	750	3.8		16	6
	138					
	750					
	3.8					
	56					
	17					
	8			56		
<b>Total GB</b>	<b>2,750</b>	<b>15,000</b>	<b>75</b>	<b>1,125</b>	<b>313</b>	<b>116</b>

Notas: <sup>a</sup> com base em 12 h/d e 75% capacidade de utilização

#### **Vantagens / Desvantagens**

As vantagens de usar vinhaça para produção de biogás incluem:

- A vinhaça é uma matéria-prima com provas dadas que se encontra centralmente disponível em quantidades suficientes. Existem várias tecnologias disponíveis que podem ser consideradas (por exemplo, UASB, película anaeróbica, reator de placa).

- O biogás pode ser usado em motores a Diesel existentes ou grupos de geradores, que se encontram em todas as destilarias para mover as prensas de cana. Isto limita os custos de investimentos e facilita a operação e manutenção.
- O tratamento anaeróbico da vinhaça reduz a carga ambiental relacionada com a descarga de águas residuais.

As desvantagens incluem as seguintes:

- A operação de um sistema de biogás (alta taxa) requer conhecimento especializado e pessoal capacitado que podem não existir nas companhias existentes – ou no país. Em caso de problemas, poderá ser necessário trazer expertise de fora do país.
- A escala limitada dos sistemas pode resultar em custos elevados.
- As características da vinhaça não são confirmadas, visto que podem diferenciar substancialmente dos valores típicos encontrados em outros lugares.

### **Potencial**

Com base em estimativas da produção do sector da destilaria na Guiné-Bissau, a produção total anual de biogás é de 225 mil Nm<sup>3</sup>. O potencial de produção de eletricidade seria de 313 MWh/a; a capacidade total instalada seria cerca de 116 kWe.

Em média, o potencial de produção de eletricidade é estimada em 5-10 kWh por tonelada de cana, enquanto a produção de eletricidade para trituração da cana é estimada em 20 kWh/tonelada. O biogás pode assim cobrir 25-50% do consumo de Diesel para uma destilaria média.

#### **4.1.9 Outros**

##### ***Líquido da casca de castanha de caju***

Embora ainda na fase experimental, ambos, o CNSL técnico e natural pode ser usado com combustível líquido em geradores de compressão por ignição (Diesel). O potencial de produção de eletricidade, com base em 6.000 toneladas/ano de produção de castanha de caju, seria cerca de 2,7 GWh/ano, Existem várias fontes reportando sobre experiência, tipicamente em misturas com Diesel para que se possa reduzir a viscosidade. No entanto, a maioria dos testes foram realizados em pequenos motores (até aproximadamente 5 kW), e os resultados são variados<sup>12</sup>.

Com base nesses resultados, não se recomenda que comece a usar CNSL em misturas sem que se faça pesquisas adicionais com material representativo (isto é, CNSL de fontes na Guiné-Bissau). Também, os aspetos económicos de usar CNSL vis-à-vis o seu valor de mercado devem ser avaliados.

##### ***Combustão de palha de arroz***

Produção de eletricidade com palha de arroz seria principalmente através da combustão e ciclo a vapor ou ORC. Na Califórnia, palha de arroz tem sido usado na produção de potência através de processos de combustão direta (Stahl & Ramadan, 2007). Os problemas mais notáveis para usar a palha de arroz nos processos de combustão são os relacionados com a cinza, por exemplo, excessiva escória, formação de cristais de sílica fina, corrosão devido aos compostos voláteis de

<sup>12</sup> Radhakrishnan et al (2014), Velmurugan e Loganathan (2011), Solanki & Bhatti (2012) e Rajeesh et al (2014) reportaram eficiência do motor reduzida e emissões crescentes quando se mistura com CNSL sintético com Diesel. Apenas Palvannan (2012) encontrou que as eficiências e emissões com misturas de CNSL natural até 40% foram semelhantes com aquelas quando se usa Diesel a 100%

Cl- e K-. Enertime (2015) propõe aplicação da tecnologia ORC, exigindo temperaturas de combustão menores e assim reduzir os problemas de cinza.

A produção total da palha de arroz na Guiné-Bissau seria na ordem de 120.000 toneladas por ano, representando um potencial para produção de eletricidade de cerca de 48 GWh/ano (a 12% de eficiência líquida). A escala adequada para combustão da palha seria de 1 MWe e acima, necessitando de 16.000 toneladas/ano de palha de arroz quando operado a 24 h/d a 90% de capacidade. Nessa escala, um total de cerca de 7,4 MWe (líquido) pode ser instalado se toda a palha for utilizada.

A principal barreira ao uso da palha é a sua produção dispersa e sazonal, exigindo um sistema logístico complicado para a recolha, transporte e armazenamento da palha de arroz. Além disso, os desafios técnicos relacionados com a combustão da palha também são consideráveis.

#### ***Gaseificação da casca de amêndoa de palma***

A casca da amêndoa de palma é muito adequada para gaseificação; existem dúzias de gaseificadores de casca de amêndoa de palma em operação no sudoeste asiático (Myanmar, Indonésia, Malásia). O consumo de combustível é estimado em 1,3 kg/kWh. A disponibilidade total do potencial da casca de amêndoa – se todas as castanhas de palma fossem partidas – é de 30.000 toneladas/ano, representando um potencial de produção de eletricidade de 22,5 GWh/ano. Contudo, na realidade apenas uma pequena fração das castanhas serão partidas.

A uma escala mínima de 20 kW, operando por 6 h/d a 75% de capacidade, as necessidades de combustível seriam cerca de 42 toneladas/ano. Considerando a pequena produção do óleo de palmiste, recolha dessas quantidades seriam praticamente impossível. Tal projeto teria que ser combinado com operação de produção de óleo de palmiste produzindo cerca de 3,4 toneladas/ano de óleo de palmiste de 56 toneladas/ano de amêndoas de palma. Desconhece-se a existência dessa operação e ela pode ser montada.

#### ***Gaseificação de casca de amendoim***

A casca de amendoim pode ser usada para gaseificação – existe uma unidade operacional de 32 kWe na comunidade de Kalom em Senegal, fornecendo eletricidade para 1.200 habitantes (NOVIS, 2015; Adigbli, 2012). A unidade (de tecnologia indiana) entrou em serviço em 2013 e funciona a 15% da sua capacidade, consumindo cerca de 3 toneladas de casca de amendoim por semana; isto seria 3,7 kg/kWh de cascas. Nessa taxa, o potencial de produção de eletricidade de todas as cascas de amendoim seria 6,2 GWh/ano.

O conceito pode ser interessante em áreas com produções amendoim (excepcionalmente) abundantes. Mesmo nas três principais regiões de produção de amendoim, a produção média *per capita* do amendoim é cerca de 50 kg/cap/ano, o que resultaria num potencial de produção de eletricidade de aproximadamente 6-7 kWh/cap/ano, o que constitui apenas uma fração do que é a demanda esperada de eletricidade (aproximadamente 25 kWh/cap/ano).

Para além da recolha de biomassa suficiente, a complexidade técnica da gaseificação torná-lo-ia menos adequado para aplicações em áreas rurais sem a disponibilidade de suporte técnico no país.

#### ***Biogás de águas residuais de óleo de palma***

Embora as características das águas residuais do óleo de palma de produção artesanal sejam desconhecidas (por exemplo, rácio C:N, pH, micro nutrientes, etc.), as águas residuais têm sido

usadas com sucesso na produção de biogás pelo SNV na RDC, em um biodigestor de domo fixo. As estimativas de produção de biogás são de 20 Nm<sup>3</sup>/tonelada para água de lavagem e 100 Nm<sup>3</sup>/tonelada para água residual de clarificação e lamas. As águas residuais da produção de uma tonelada do fruto de palma podem, assim, serem usadas para produção de 30 Nm<sup>3</sup> de biogás. Com um Poder Calorífico de 20 MJ/Nm<sup>3</sup>, e um grupo gerador de eficiência de 25%, o potencial de produção de eletricidade seria aproximadamente 42 kWh por tonelada de fruto de palma processado.

Para a quantidade de óleo de palma processado na Guiné-Bissau, isto resultaria num potencial de produção de eletricidade de 3,3 GWh/ano. O ponto em que esse potencial pode ser utilizado é desconhecido, mas provavelmente seria muito baixo, na medida em que, a maioria do processamento do fruto de palma seja realizada à escala familiar, em uma base irregular. Seria relevante para produtores comerciais de óleo de palma, com níveis de produção de algumas centenas de quilos de fruto de palma por dia, mas, mesmo assim, o gás seria mais bem utilizado no processo de produção, para aquecimento ou clarificação do óleo.

#### ***Biogás de falso fruto (caju)***

A maioria da matéria orgânica nos frutos pode ser convertida em biogás através da digestão anaeróbica, embora alguns desafios técnicos possam ser esperados<sup>13</sup>. Assumindo 12% da matéria orgânica seca (hidratos de carbono) dos quais 80% podem ser convertidos, a produção de biogás seria cerca de 72 Nm<sup>3</sup> de biogás por tonelada de frutos falsos, com uma produção de energia de 1,2 GJ/tonelada de falso fruto (conteúdo de metano aproximadamente 50%) ou 82 kWh/tonelada de fruto.

As 504,000 toneladas/ano de falso fruto de caju que é usado<sup>14</sup>, teriam um potencial de produção de eletricidade de 41 GWh/ano. Porém, a produção dispersa e disponibilidade sazonal são as maiores barreiras à utilização dos falsos frutos, a não ser que usados como substratos nos digestores existentes.

## **4.2 Potencial técnico**

A Tabela 16 seguinte resume os potenciais de energia apresentados na secção 4.1. Nota que os potenciais da combustão da casca de caju e aparas de madeira foram omissos para se evitar duplicação na contagem com a gaseificação desses tipos de biomassa. Nenhum potencial imediato foi contabilizado para as opções apresentadas na secção 4.1.9 (linhas 9-14 na Tabela 16) devido a constrangimentos técnicos e/ou logísticos às suas utilizações.

---

<sup>13</sup> Particularmente a acidez do fruto (pH 4-4,5) e a possível tendência para formação de espuma.

<sup>14</sup> Note que a polpa de falso fruto de caju seria menos adequado para conversão para etanol ou biogás, visto que muitos dos elementos facilmente fermentáveis foram removidos.

**Tabela 16: Potencial de produção de eletricidade a partir de biomassa teórico e imediato na Guiné-Bissau**

	Potencial teórico (GWh/a)	Potencial imediato (GWh/a)	(MWe)	Larga escala (kWe)
<i>Combustão da casca de caju <sup>a</sup></i>	1.1	1.1	0.43	20-200
Combustão de bagaço da cana-de-açúcar e lixo	5.1	5.1	1.87	50-200
<i>Combustão de aparas de madeira <sup>a</sup></i>	0.7	0.7	0.28	20-100
Gaseificação de casca de arroz	14.7	0.2	0.08	20-50
Gaseificação de casca de caju	2.4	1.4	0.50	20-500
Gaseificação de aparas de madeira	2.3	2.3	0.90	50-200
Biogás de estrume de gado	49.0	1.5	0.97	10-20
Biogás de vinhaça de destilarias	0.3	0.3	0.12	5-20
Líquido de casca da castanha de caju	2.7	-	-	-
Combustão da palha de arroz	48.0	-	-	-
Gaseificação de casca de amêndoa de palma	22.5	-	-	-
Gaseificação de casca de amendoim	6.2	-	-	-
Biogás de águas residuais de óleo de palma	3.3	-	-	-
Biogás de falso fruto de caju	41.0	-	-	-
<b>Total</b>	<b>197.5</b>	<b>10.8</b>	<b>4.44</b>	<b>5-500</b>

Notas: <sup>a</sup> não incluído no total para evitar duplicação na contagem com as opções de gaseificação

### 4.3 Economia e competitividade da produção de eletricidade a partir da biomassa na Guiné-Bissau

#### 4.3.1 Custos de produção de eletricidade a partir da biomassa

Os custos de produção da eletricidade a partir da biomassa variam, dependendo do tipo de biomassa, tecnologia de conversão e escala. As estimativas para diferentes tipos de sistema de custos de produção são mostradas na Tabela 17 seguinte.

**Tabela 17: Faixas de custo de produção de eletricidade a partir da biomassa**

	Faixa de escala (kWe)	Investimento (EUR/kW)	Custos de Capital (EUR/kWh)	Custos de O&M (EUR/kWh)	Custos Total (EUR/kWh)
Combustão da casca de castanha de caju	20-200	6500-2500	0.12-0.32	0.05-0.16	0.17-0.48
Combustão de bagaço / lixo	50-200	5000-2500	0.12-0.24	0.07-0.13	0.19-0.37
Combustão de aparas de madeira	20-100	6500-3500	0.17-0.32	0.22-0.31	0.39-0.62
Gaseificação de casca de arroz	20-50	4000-3000	0.22-0.29	0.10-0.17	0.31-0.45
Gaseificação de casca de castanha de caju	20-500	4000-1500	0.09-0.29	0.04-0.17	0.13-0.46
Gaseificação de aparas de madeira	50-200	3000-2000	0.12-0.22	0.09-0.13	0.31-0.35
Biogás estrume de gado	10-20	3500-2500	0.18-0.32	0.21-0.28	0.40-0.59
Biogás de vinhaça de destilarias	5-50	4500-1500	0.11-0.41	0.05-0.26	0.16-0.67
<i>Diesel</i>	<i>5-500</i>	<i>1800-2500</i>	<i>0.02-0.16</i>	<i>0.29-0.66</i>	<i>0.31-0.82</i>

As seguintes hipóteses foram consideradas nos cálculos:

- As estimativas de custos de investimentos incluem equipamento, transporte, instalação e trabalhos de construção civil, mas não a infraestrutura de distribuição de eletricidade.
- Os custos de capitais incluem a depreciação e custos financeiros (à taxa de juro de 8% para o total do empréstimo ao longo do período de depreciação,).
- Custos de O&M (Operação e Manutenção) incluem a manutenção e pessoal (a um salário de 2.000 EUR/ano). No caso de aparas de madeira, bagaço / lixo e estrume de gado, os custos de biomassa foram considerados a refletirem os custos alternativos ou o manuseamento de biomassa (20, 2 e 2 EUR/tonelada, respetivamente). O preço do Diesel foi definido a 1 EUR por litro.
- Todos os cálculos foram feitos com base em 3.000 h/a de operação e 80% de capacidade do sistema.

Note que os custos de investimentos de sistemas de biogás para vinhaça são baseados naqueles para a digestão de estrume de gado, na hipótese que a tecnologia semelhante possa ser usada (PVC reator de pistão / lagoa coberta).

#### 4.3.2 Custos de produção alternativos

A produção atual da eletricidade na Guiné-Bissau é predominantemente baseada no Diesel. O custo de produção para a faixa da capacidade de 5-500 kWe é estimado em 0,31-0,82 EUR/kWe (ver Tabela 17); isto já inclui o custo de capital (depreciação e taxa de juro), operação e manutenção e combustível. O custo da componente combustível varia entre 60% para pequenas unidades (5-10 kWe) até mais de 90% para grandes sistemas (200-500 kWe).

As indicações de custos de produção da AGB em Bissau não puderam ser obtidas mas de acordo com o preço do subsídio do combustível (0,72 EUR/l), o consumo típico de combustível (0,30 l/kWh) e a componente combustível nos custos de produção (85%), os custos totais de produção seriam cerca de 0,25 EUR/kWh. O preço médio de venda da EAGB é cerca de 0,24 EUR/kWh.

A central elétrica de Bafatá usa combustível sem subsídio a um preço de 1 EUR/l. Seguindo a mesma linha de raciocínio como acima, os custos de produção seriam cerca de 0,35 EUR/kWh.

Os custos de produção e distribuição de grandes sistemas FV (fotovoltaicos) na Guiné-Bissau (à escala de 300 kWp, o caso de Bambadinca) são 0,68 EUR/kWh; custos de distribuição são desconhecidos mas são estimados que situem na faixa de 0,30-0,40 EUR/kWh.

#### 4.3.3 Comparações de custos

A Figura 18 seguinte ilustra as estimativas de todos os custos de produção para diferentes sistemas de produção de eletricidade a partir da biomassa, e aqueles da produção de eletricidade a Diesel a diferentes escalas.

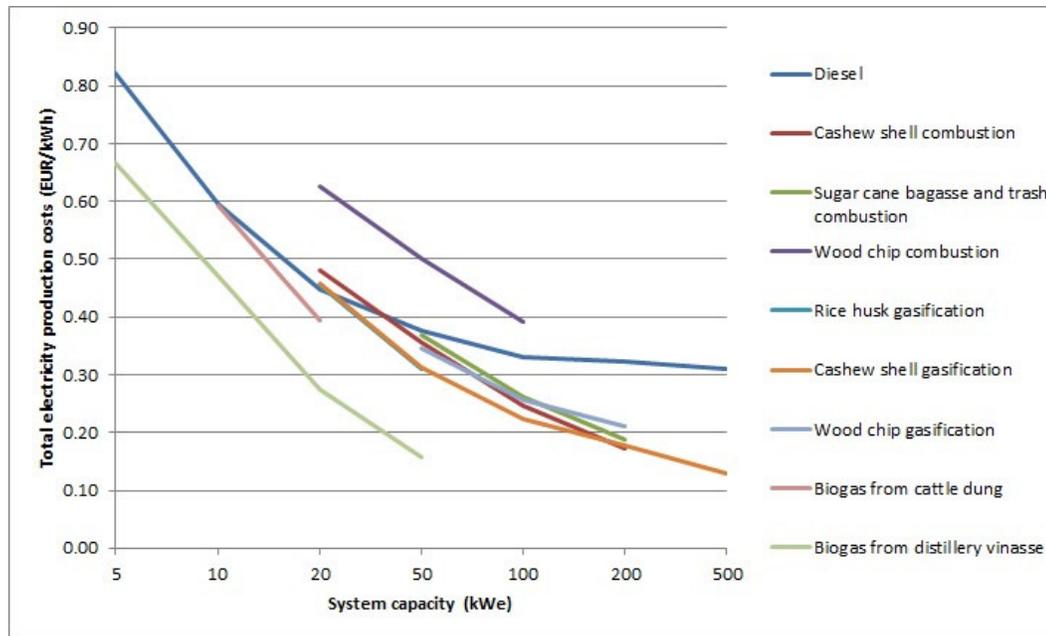


Figura 18: Custos de produção de eletricidade a partir da biomassa

A figura mostra as seguintes tendências:

- Produzir eletricidade de biogás (estrupe de animais, vinhaça) em pequenos sistemas é competitiva em relação à produção de eletricidade a Diesel na mesma escala. No caso de estrupe de gado, os custos são de alguma forma mais elevados do que com a vinhaça, devido aos custos associados à recolha de estrupes.
- Produzir eletricidade através de combustão de aparas de madeira não é competitiva com Diesel, na faixa de escala relevante (20-200 kWe). Isto se deve, principalmente, ao custo (alternativo) das aparas de madeira, em combinação com a baixa eficiência desses sistemas.
- Combustão de casca de castanha de caju e bagaço, assim como a gaseificação de casca de castanha de caju, casca de arroz e aparas de madeira, mostram tendências semelhantes. A pequena escala (20 kWe), os custos de produção dessas tecnologias são comparáveis com aquelas de Diesel; para sistemas maiores, os custos são significativamente menores.
- Gaseificação de casca de caju é um pouco mais económica do que a combustão, devido aos menores custos de investimentos nos sistemas de gaseificação. A maior eficiência de gaseificação não conduz, diretamente a menores custos de produção – não se atribui qualquer custo à casca – mas visto que permite mais eletricidade a ser produzida, pode conduzir a melhor desempenho económico se a eletricidade puder ser vendida a um preço atrativo.

Deve ser constatado também que os casos de gaseificador e biogás incluem grupos geradores (gás) nos investimentos. Contudo, ambas as tecnologias podem ser aplicadas em casos onde já existe um motor a Diesel / gerador funcionando; o gás é depois usado para reduzir o consumo de Diesel. Isto, efetivamente, altera o cenário económico desses casos, na medida em que, os custos de capital atribuído ao gerador correspondem até 15-30% dos custos totais de produção. Exemplos dessas aplicações mostram bons períodos de amortização, por exemplo, para gaseificação de casca de arroz na indústria de arroz na Camboja (2-3 anos) e biogás em plataformas multifuncionais em Mali (3-5 anos).

Além disso, os custos financeiros para sistemas de biogás (juro e capital investido) são na ordem de 15-25% do total dos custos de produção. Se o capital de investimento pode ser obtido em condições muito “favoráveis”, isto pode reduzir os custos de produção e melhorar a competitividade.

#### **4.4 Barreiras para introdução de tecnologias de produção de eletricidade a partir da biomassa**

##### ***Produção dispersa e de pequena escala de fontes de biomassa***

Para as fontes de biomassa com maior potencial teórico de produção de eletricidade (combustão de palha de arroz, biogás de estrumes de gado e falso fruto de caju, e gaseificação de casca de amêndoa de palma e casca de arroz – ver Tabela 16 acima) a principal barreira é a dispersão e pequena escala de produção de biomassa. Isto está diretamente relacionado com unidades de produção de pequenas dimensões (a nível familiar) nos sectores correspondentes. No caso da combustão de palha de arroz, a escala de produção necessária (faixa de MW) conduziria a sistemas logísticos complicados e onerosos.

##### ***Fornecimento irregular de biomassa***

Sistemas de produção de eletricidade a partir de biomassa requerem um fornecimento contante e fiável de biomassa. Muitos tipos de biomassa que foram identificados como tendo potencial imediato para produção de energia são produzidos de indústrias agrícolas e de processamento de madeira. Porém, na maioria desses sectores, a produção parece ser irregular:

- O sector de processamento de caju não está a funcionar de momento devido aos elevados preços das castanhas de caju bruta e falta de acesso aos fundo para compra da castanha.
- A maioria das empresas no sector de destilaria é dependente pelo menos do fornecimento da cana-de-açúcar de terceiros. Durante o trabalho de campo, interrupções de processamento devido à falta de cana foram observados em várias ocasiões, não obstante o facto de a gerência ter mencionado que o processamento se realiza praticamente todos os dias.
- Dados sobre o processamento de árvores pelas empresas de processamento da madeira (ver Tabela 6) mostram que em alguns anos, as serrações podem não estar em operação.

Parte do problema é devido às péssimas condições de infraestruturas (estradas); por exemplo, para o transporte da cana às destilarias. Também, problemas de fornecimento de biomassa pode a certo ponto ser ultrapassado pelo armazenamento, ou por sistemas alternativos (a Diesel) embora essas soluções façam aumentar o custo de produção da eletricidade.

Note que para sistemas de produção de eletricidade para a agroindústria, interrupções de fornecimento de biomassa caracteristicamente coincidem com a paralisação da própria indústria. Já existe pouca ou nenhuma demanda de energia, as consequências de interrupções de produção de energia são limitadas. Para projetos de produção de eletricidade que são dependentes do fornecimento de biomassa de terceiros (por exemplo, a central elétrica de Safim, ver secção 5.1), as consequências de uma paralisação devido às interrupções de fornecimento são mais graves.

##### ***Acesso limitado às tecnologias e serviço de assistência técnica***

À semelhança de muitos países da região, o acesso à tecnologia para além do equipamento de geração de combustível fóssil “tradicional” é difícil. Todos os equipamentos devem ser

importados numa base de projeto-a-projeto, e a instalação deve ser feita por pessoal estrangeiro. Exemplos na Guiné-Bissau incluem a caldeira / turbina a vapor de Safim (fornecedor Indiano) e as centrais de motores a vapor de SICAJU e LICAJU (fornecedor Brasileiro), mas também as instalações de biogás, no passado, foram construídas por peritos estrangeiros (Chinês).

Relacionado com a ausência de fornecedores é a ausência de um mecanismo de suporte técnico. Pelo menos uma instalação (SICAJU) tem caído em desespero e o proprietário não foi capaz de encontrar expertise local que pudesse resolver o problema. Contratando técnicos expatriados necessários são extremamente onerosos. A instalação desde então não tem funcionado. Uma situação semelhante ocorreu com duas instalações de biogás que foram encontradas: ambas tinham funcionado apenas por pequenos períodos de tempo, mas foram abandonados depois da avaria.

Um outro problema também relacionado é a escassez de pessoal com conhecimento e experiência técnica relevante com equipamentos de produção de eletricidade a partir da biomassa, o que na verdade, se trata de ser um especialista. A transferência de conhecimento num projeto é geralmente limitado a instruções genéricas de operação e manutenção, que são caracteristicamente insuficientes para resolução de problemas quando ocorre uma avaria.

#### ***Sistemas de transporte e distribuição de eletricidade deterioradas***

Em muitos sítios no país, a infraestrutura para o transporte e distribuição de eletricidade tem-se deteriorado para além de reparo. Isto significa que qualquer projeto de produção de eletricidade que forneceria eletricidade a terceiros teria que construir também a parte infraestrutural. Essa situação acresce complexidades e custos a esses projetos.

#### ***Baixa sensibilização***

Durante a missão de campo, foi observado que a sensibilização da existência da opção de produção de eletricidade a partir da biomassa era, de um modo geral, baixa. As gerências das fábricas de arroz e indústrias de processamento de caju desconheciam a tecnologia de gaseificação. Os proprietários de destilarias não tinham conhecimento das possibilidades de produzir biogás com a sua vinhaça.

Relacionada com a baixa sensibilização é a alta perceção dos riscos. Na ausência de conhecimento da tecnologia, e de exemplos concretos de projetos – ou exemplos de projetos falhados – torna-se difícil para os potenciais utilizadores de tecnologia avaliar os riscos envolvidos para um investimento.

#### ***Capacidade de desenvolvimento de projetos limitada***

Desenvolvimento de projetos requer capacidade (técnica) específica. Pelo menos num caso anterior parece que um projeto de produção de eletricidade a partir da biomassa não foi bem concebido: a central elétrica de Safim parece ter sido localizada em uma área errada (sem produção local de biomassa, sem concessão de produção de eletricidade, numa zona residencial) e usa tecnologia inadequada (turbina a vapor de baixa eficiência, sistema de combustão inadequada). Num segundo caso (LICAJU), a implementação do projeto foi suspensa a meio percurso, antes da instalação dos equipamentos. Num terceiro caso (SICAJU), não existia capacidade técnica suficiente para resolver problemas técnicos, nem meios para providenciar assistência técnica caso fosse necessário.

### ***Altos custos de investimentos / difícil acesso aos fundos***

Como regra, investimentos em sistemas de bioenergia são relativamente altos; em qualquer caso, um múltiplo daqueles nos sistemas baseados em combustível fóssil. O financiamento necessário às vezes excede a capacidade de investimentos de potenciais beneficiários.

Ao mesmo tempo, os bancos são notoriamente relutantes em financiar pequenos empreendedores ou cobram taxas de juros muito elevados que são insuportáveis pelo projeto. Isto foi confirmado durante as entrevistas como parte do trabalho de campo. O fraco conhecimento e experiência das instituições financeiras em lidar com sistemas de bioenergia acresce-se à relutância em fornecer capital de empréstimo, e/ou aumentam as taxas de juro em resposta à percepção de alto risco.

### ***Ausência de quadros institucionais eficazes***

A presença de quadros legais e regulatórios é uma condição importante para o desenvolvimento do sector de bioenergia; a sua ausência pode ser encarada como uma grande barreira. Visto que a bioenergia é de natureza multissetorial, o seu desenvolvimento é afetado pelos quadros regulatórios dos sectores da energia, agricultura, agroindústria e ambiental:

- Uma política agrícola e de processamento agroindustrial fraca pode afetar a produção nesses sectores, levando a produções baixas e/ou flutuantes. Isto afeta diretamente a disponibilidade das fontes e demanda de energia. Um exemplo recente é o deficiente estado do sector de processamento de caju na Guiné-Bissau nos meados de 2015, que de acordo com o sector stakeholders, foi, em parte, devido à ausência de política condutora.
- Uma política efetiva das energias renováveis (isto é, com medidas de políticas de suporte) fornece suporte direto aos projetos, por exemplo, no que concerne ao suporte de desenvolvimento de projeto, suporte de investimento, incentivos fiscais, acesso à rede, etc.

## **4.5 Potential national and regional support models**

### ***Suporte de desenvolvimento de projeto***

Para que se possa suportar potenciais proprietários de projeto e melhorar a qualidade de desenvolvimento de projeto, uma facilidade de apoio de projeto desenvolvimento poderia ser considerado. Essa facilidade poderia oferecer uma serie de serviços, incluindo por exemplo:

- Suporte na identificação de projeto e estudos de pré-viabilidade, por exemplo, organizando suporte remoto aos donos de projetos na avaliação do potencial básico de um projeto antes de se prosseguir com o desenvolvimento;
- Suporte com a realização de estudos de viabilidade, estudos potenciais, etc., por exemplo na identificação de pessoal com experiencia para realizar esses estudos e/ou suportando (parte) dos custos envolvidos;
- Suporte aos donos de projetos em lidar com as instituições governamentais e assistindo-os na identificação de profissionais de desenvolvimento de projetos, investidores, financiamentos, etc.

Tal suporte de desenvolvimento de projeto podia ser coordenado por um órgão regional, com suporte de instituições nacionais.

### ***Suporte d seguimento de projeto de curto e medio prazo***

A monitorização do desempenho de projetos ao longo de longo período de tempo (por exemplo, 3 anos) pode fornecer um conjunto de informações que poderão ser usadas no desenvolvimento de projetos semelhantes no país e na região. Também, pode, precocemente, identificar sinais de problemas, ajudar na resolução de maneira que as interrupções de produção possam ser mantidas a um mínimo. Um mecanismo de suporte para resolução de problemas técnicos podem ser considerados, reduzindo assim o risco de baixo desempenho do sistema ou paragem de operação (ver abaixo).

Ao mesmo tempo, a disseminação dos resultados para o grande publico poderá aumentar a sensibilização e confiança e assim conduzir ao desenvolvimento de / investimentos de novos projetos; ou evitar o desenvolvimento de conceitos de projetos inviáveis. Facilidades técnicas para monitorização de desempenho de sistemas (por exemplo, inputs, outputs, tempo de paralisação, custos de operação e manutenção) devem ser tornados disponíveis ao projeto, e dados devem ser angariados, analisados e publicados numa base regular (por exemplo, mensalmente). Como contrapartida pela sua cooperação, aos donos de projeto pode-se-lhes oferecer suporte técnico em caso de problemas com as suas instalações. Um órgão regional pode ser encarregado para assegurar esse seguimento de projetos.

### ***Retorno justo de eletricidade fornecida à rede***

Das trocas de impressões com os *stakeholders* (por exemplo, TESE (2015), Gomes e Amta (2015), EAGB (2015) parece que as tarifas de eletricidade não são necessariamente fixadas de uma forma racional. As tarifas existente no fornecedor nacional não têm sido atualizadas desde a década passada. Indicções do preço medio de venda de eletricidade em Bissau levanta a questão se os sistemas de tarifários permite a recuperação dos custos (combustível, instalação e infraestrutura, operação e manutenção, substituição dos ativos, administração). Os fornecedores de eletricidade são constantemente pressionados a reduzir as suas tarifas, abaixo dos níveis de custos de recuperação, por razões políticas. A fim de melhorar as condições de projetos de energias renováveis, tarifas de eletricidade fornecida, justas e realísticas, devem ser fixadas (e mantidas). Essas tarifas devem refletir por um lado, os custos atuais de produção de energias renováveis; e, por outro, os custos de produção de fontes alternativas de energia (fóssil) em vez de tarifas subsidiadas. Suporte político e institucional deve ser fornecido no processo de definição dessas tarifas.

### ***Acesso ao capital de investimento***

O conhecimento em matéria de energias renováveis no país (e na região) é limitado, e existem poucos exemplos de projetos bem-sucedidos na região. Ao mesmo tempo, sistemas de energias renováveis têm custos de investimentos maiores do que os sistemas de energia fóssil, e os períodos de amortização podem ser maiores. Isto, caracteristicamente, resulta numa perceção de risco elevada e baixa prontidão por parte investidores para se investir e bancos para emprestar capital.

Para que se consiga financiamento de projetos, devem ser considerados suporte em forma de empréstimos (em condições de baixas taxas de juro) e/ou subsídios. Ambos contribuem para reduzir o fosso financeiro e melhorar a atratividade de projetos de energias renováveis para investimentos do sector privado. Subsídios de investimentos podem ser fornecidos desde um fundo; capital de empréstimo pode ser fornecido por bancos locais, quem, depois, simultaneamente, acumula experiência com projetos de energias renováveis. Isto pode ser um banco já com ligações com o sector nos quais os projetos são implementados (por exemplo, sector de caju, destilarias, sector florestal).

### **Redução de risco**

Como alternativa aos subsídios, os projetos que são, em princípio, economicamente viáveis podem ser suportados pelo fornecimento de garantias durante um período de tempo limitado. Isto reduzirá os riscos e por conseguinte aumentar a vontade do sector privado em se engajar em projetos de energias renováveis. Essas garantias podem ser fornecidas sobre, por exemplo:

- Desempenho tecnológico, por exemplo, através de garantia adicional do fornecedor ou cobrindo défices originário de baixo desempenho do sistema (por exemplo, custos acrescidos de combustível ou custos de manutenção), ou suportando assistência técnica necessária para resolver problemas técnicos.
- Suporte financeiro em caso de pagamentos para energia produzida e despachada cair abaixo dos custos incorridos para operação e manutenção.

### **4.6 Aspetos de sustentabilidade**

Com respeito à sustentabilidade, os seguintes aspetos podem ser considerados.

Sobre os **Aspetos Sociais**, particularmente os projetos que fornecem excesso de energia às comunidades vizinhas têm pontuação muito alta. Acesso às fontes modernas de energia é largamente considerada como uma condição chave para o desenvolvimento; melhora as condições de vida de várias formas e facilita a criação de atividades geradoras de rendimento.

Em termos de sustentabilidade **Económica**, os projetos de energia a partir da biomassa acresce-se de várias formas:

- Com algumas exceções, energia de biomassa caracteristicamente faz uso de resíduos ou resíduos não usados. Por isso, acrescenta valor aos subprodutos dos sistemas de produção existentes e assim reforça esses sistemas pela adição de potenciais fontes de rendimento.
- Particularmente, projetos de biogás são muito adequados para a recuperação de nutrientes das correntes de resíduos e torna-los disponíveis para agricultura.
- Projetos de energias renováveis juntam-se à capacidade de produção de eletricidade (regional e nacional) e, assim, a promoção de desenvolvimento económico regional.
- Projetos de energias renováveis reduzem a dependência de importação de combustíveis (fóssil).

Algumas desvantagens de projetos de energia de biomassa incluem a dependência de recursos de biomassa suficientes, o que os tornam vulneráveis ao desempenho da agricultura e sectores agroindustriais de onde provém a biomassa; e o acesso limitado à tecnologia e serviço técnico como explanado na secção 4.4.

Em termos de sustentabilidade **Ambiental**, projetos de energia de biomassa não têm qualquer emissão líquida de gases com efeito de estufa. Além disso, em casos de utilização de resíduos orgânicos, evita-se as emissões de metano decorrentes da decomposição descontrolada, potencial redução de emissão de gases com efeito de estufa pode ser um múltiplo da componente de energia por si só. Alguns tipos de projetos conduzem a grandes melhorias ambientais locais, por exemplo, através da prevenção da carga ambiental da disposição de resíduos de biomassa (por exemplo, vinhaça de destilarias).

Note que os projetos de energia de biomassa podem introduzir suas próprias emissões ambientais se não forem devidamente concebidos. Esses podem incluir excessivo fumo de combustão inadequada de biomassa (ref. central eléctrica de Safim, ver secção 5.1) ou problemas de águas residuais de instalações de gaseificação de biomassa.

## 5 PROJECTOS DE PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE A PARTIR DE BIOMASSA NA GUINÉ-BISSAU

### 5.1 SAFIM

#### 5.1.1 Descrição da central

A central elétrica a biomassa de Safim (11°57'10.860"N 15°38'53.482"W) foi originalmente concebida pela FUNDEI em 2007. Um estudo de viabilidade foi realizado, estimando a demanda de eletricidade na cidade de acordo com os números de agregados familiares e pequenos negócios. A ponta de carga foi estimada em 33 kVA; compensando por perdas, foi proposta para a capacidade de central 42 kVA. FUNDEI propôs usar uma máquina a vapor de tecnologia Brasileira.

A central foi eventualmente construída e começou operações em 2012 com suporte financeiro da UEMOA, e testada em 2012/2013. A tecnologia selecionada é diferente do que foi proposta: diz respeito a uma turbina a vapor de fabrico Indiano. A central consta dos seguintes equipamentos:

- Caldeira de biomassa de grade fixa, horizontal, com fornecimento de ar forçado (marca EnergeX – sem placa sinalética)
- Sistema mecânico de alimentação da caldeira (riser e alimentador de parafuso)
- Turbina a vapor de contrapressão (NCON Turbo Tech PVT Ltd – Shakti 550-B)
- Alternador de CA assíncrono, 82 kVA, 415V (Kirloskar Electric Co, Ltd - WHD 30825)
- Filtro ciclone, ventilador de gás de escape e chaminé
- Condensadores de vapor a ar (2 unidades)
- Sistema de tratamento de água de compensação
- Grupo gerador a Diesel de arranque (12 kW/15 kVA) e grupo gerador a Diesel da marca Caterpillar (150 kVA)



Figura 19: Central elétrica de SAFIM



Figura 20: Caldeira de biomassa SAFIM

Principais características técnicas:

- Turbina a vapor entrada: 17 atm (a) vapor saturado seco
- Turbina a vapor saída: 1 atm (a)
- Turbina a vapor consumo: 1.5 t/h

- Potência de veio da turbina: 60 kW
- Produção da caldeira (calculada): 1 MWth

Assumindo perda de 10% na caixa redutora entre a turbina e o alternador, e no próprio alternador, a potência de saída bruta do gerador será de 54 kWe. A central inclui um conjunto de bombas e motores elétricos de ventiladores, com carga parasítica média estimada em 12 kW (24 kVA<sup>15</sup>). **A potência de saída líquida da central é de aproximadamente 42 kWe (58 kVA).**

Com base nas condições da turbina a vapor e potência de saída, e assumindo uma eficiência da caldeira de 75%, a eficiência bruta global da central é calculada em 4,0%. Levando em consideração o consumo parasítico dos equipamentos da central, **a eficiência líquida da central é de 3,1%**. Com o poder calorífico da casca da castanha de caju de 22 MJ/kg, e uma taxa média de carga da central de 90%, **o consumo de biomassa seria de 201 kg/h (4,8 toneladas/dia)**. O consumo anual de biomassa a 80% de disponibilidade da central (7.000 h/a) seria de 1.408 toneladas de casca da castanha de caju.



Figura 21: turbina a vapor / alternador SAFIM



Figure 22: condensador SAFIM

### 5.1.2 Estado da central

A central arrancou e foi testada em 2013. De acordo com MARVEMEC (2015), a central funcionou por vários dias durante fase de testes, mas desconhecia se a central alguma vez atingiu a potência máxima. Durante a fase de testes, existiam problemas com a operação da caldeira: o líquido da casca de castanha de caju saindo das cascas misturava com o combustível e cinzas, provocando bloqueio da grelha. Isto preveniu a eliminação da cinza e o fornecimento do ar através da grelha. A operação da caldeira exigiu gradagem constante a fim de limpar a grelha, tornando-o impossível de operar a caldeira com as portas do forno fechadas. Também, a produção de fumo era excessiva, cobrindo de fumo a área circundante da central.

Depois da fase de testes, a operação da central foi descontinuada; o contador de energia da central exibia 45 kWh de energia produzida e o contador de água da caldeira marcava 7,4 m<sup>3</sup> de água da caldeira circulada. A razão indicada para a descontinuação de operação foi um conflito entre o Ministério de Energia (dono da central) e a AGROSAFIM, uma companhia local de agronegócio com concessão para operar a rede elétrica em Safim.

<sup>15</sup> Note que a carga aparente (kVA) do equipamento da central pode ser reduzida pela adição de bancos de condensadores como forma de correção do fator de potência. Isto melhoraria o rating kVA líquido da central, mas não a sua potência ativa produzida (kWe).

Os equipamentos da central parecem completos e em boas condições; apenas a linha de fornecimento do vapor foi desligada da turbina. Porém, é impossível afirmar o que os 2 anos de paralisação fizeram aos diferentes sistemas. Além disso, de acordo com Raul (2015), a central não se encontra ligada ao sistema da rede elétrica, devido a uma alteração da rota da rede pela AGROSAFIM.

### 5.1.3 Barreiras à operação da central

#### 1. Barreiras técnicas

Parece que o principal problema técnico da central se relacionava com a operação da caldeira pela casca de castanha de caju, como reportado pela MARVEMEC (2015). Isto podia ter sido provocado pelo facto de o forno não ser adequado para ser alimentado com casca de castanha de caju – pelo menos a casca de castanha que ainda continha líquido. Para além da produção excessiva de fumo, seria mais provável que isso resultaria numa redução da produção da caldeira – e assim redução da produção elétrica da central – e redução da eficiência da central.

Soluções para o problema podem ser abordadas das seguintes formas (ou suas combinações):

- Testes mais abrangentes da caldeira / central, visando avaliar as melhores condições de funcionamento onde o líquido da casca não cause problemas.
- Modificação do forno. Isto exigirá avaliação por um perito de caldeira e propor uma solução.
- Modificação das propriedades do combustível. Isto pode incluir o uso de cascas de caju das quais o líquido tenha sido extraído (por exemplo, aquelas de Bula), ou um combustível totalmente diferente (bagaço de cana-de-açúcar). Note que no último caso, o sistema de combustível e/ou ajustes ao forno podem também ser necessários.

#### 2. Barreiras organizacionais

Existem duas principais barreiras organizacionais:

1. Acesso à rede. AGROSAFIM detém a concessão para fornecer eletricidade em Safim, e eles terão que fazer parte de qualquer acordo que envolva o fornecimento de eletricidade da central para a comunidade. Até agora eles têm oposto à central, argumentando fraco desempenho (produção de fumo), e à medida que o tempo passava as relações com o Ministério de Energia e Indústria foram deteriorando. A companhia manifestou interesse em discutir, abertamente, com todos os interessados.
2. Fornecimento de combustível. Operação contínua da central requer fornecimento contínuo de combustível, na medida em que existe pouca capacidade de armazenamento. De acordo com Raul (2015) não existe indústria de processamento de caju em Safim por isso as cascas terão que ser transportadas de Bissau (10 km), Bula (30 km), Nhacra (20 km) e Quinhamel (40 km). Algumas dessas indústrias usarão as suas próprias cascas para a sua própria produção de energia; outras podem suspender temporariamente a operação. A recolha de cascas necessárias será um esforço, e interrupções de fornecimento provavelmente ocorrerão.

#### 3. Barreiras financeiras

Devido à pequena escala da central, os custos operacionais são enormes. Em primeiro lugar, sistemas de potência a vapor (particularmente turbinas a vapor) são ineficientes à pequena escala, enquanto o consumo parasítico é relativamente elevado. Isto conduz a um elevado consumo de combustível (cerca de 6,5 kg de casca de castanha de caju por kWh) e, em

combinação com a distância das indústrias produtoras de cascas, aumentam os custos de combustíveis. Segundo, custo de operação (pessoal) e manutenção da central são relativamente elevados para a pequena escala da central.

Custos totais de produção para a instalação de biomassa são estimadas com se segue:

- Instalação de produção: 7.000 horas por ano a 90% de capacidade – 264.600 kWh/a. Consumo de biomassa (casca de castanha de caju): 1.408 toneladas/ano.
- Custos de combustível (casca de castanha de caju) são estimados em cerca de 12 EUR/tonelada com base nos custos de transporte acima de 25 km (7 EUR/tonelada) e a um preço de 5 EUR/tonelada. Isto traduz-se em 0,07 EUR/kWh.
- Custo de pessoal é estimado em 0,20 EUR/kWh, com base em 10 pessoas (3 turnos de 3 pessoas para a logística de combustível, caldeira/ operação da turbina, supervisão; mais um administrador) a um custo médio de 15 EUR (pessoa/dia).
- Custos de manutenção: 15.000 EUR/ano (5% custos de equipamento) ou 0,06 EUR/kWh.

Os custos totais de produção (excluindo amortização) são estimados em 0,32 EUR/kWh. Se a amortização for incluída, os custos de produção seriam aproximadamente 0,43 EUR/kWh.

Preço de venda exato da eletricidade em Safim não pode ser fixado<sup>16</sup>, mas os custos alternativos de produção de eletricidade, usando geradores a Diesel, são estimados em 0,32 EUR/kWh incluindo combustível, O&M e amortização.

## 5.2 SICAJU (Bissau)

### 5.2.1 Descrição da central

A central elétrica de biomassa em SICAJU instalação de processamento de caju em Bissau (11°52'16.836"N 15°38'27.487"W) foi construída em 2007, no âmbito de um esquema de crédito do Banco Mundial (projeto PRDSP). A central produzia eletricidade e vapor para o processo industrial da instalação de caju, usando resíduos das cascas de castanha de caju. O equipamento funcionou satisfatoriamente até 2009; a instalação de processamento de caju foi encerrada temporariamente, e quando recomeçou as operações, a caldeira ainda funcionava mas a máquina a vapor falhou.

O sistema foi fabricado pela companhia Benecke do Brasil. Consiste dos seguintes equipamentos:

- Caldeira de biomassa (Benecke, com capacidade para 1.5 t/h a 12.4 kgf/cm<sup>2</sup>), alimentado manualmente
- Máquina a vapor (Benecke, tipo MVB-070) com alternador CA (WEG, sem chapa sinalética)
- Ventilador de gás de escape e chaminé
- Sistema de fornecimento de água

De acordo com o *website* do fabricante, a potência de saída deste tipo de central é fixada em 70 kW / 85 kVA mas a pressão do vapor da caldeira é inferior a pressão típica de 16 kgf/cm<sup>2</sup> (a) o que resultará numa capacidade mais baixa da central. O consumo de vapor seria de aproximadamente 1,1 t/h

---

<sup>16</sup> Os Clientes pagam uma tarifa fixa. Um cliente industrial paga aproximadamente 1.800 EUR por mês para uma ligação de 3-fases 40A (27 kVA que se encontra disponível 18 h/d.



**Figura 23: Central de SICAJU**



**Figura 24: Caldeira de biomassa SICAJU**

No entanto, a pressão inferior da caldeira pode resultar em uma potência de saída de alguma forma inferior (cerca de 5-10% a menos).

Não existe um sistema de condensação: o vapor é descarregado através de um tubo na cobertura. O consumo de água (apenas) para a produção de eletricidade é, assim, de aproximadamente 1.100 l/h a carga máxima. O consumo de água para o processo de produção de vapor seria acrescido a esse valor.

O consumo parasítico diz respeito a uma bomba de água e ventilador de gás de escape; o total estima-se em 8 kW (15 kVA). A produção líquida da central é por conseguinte 56 kWe (70 kVA), e a eficiência líquida da central é de aproximadamente 5,0%. O consumo de combustível para produção de eletricidade, a 90% de carga, seria de 166 kg/h de casca de castanha de caju.

De acordo com SICAJU (2015), a máxima carga da fábrica de SICAJU ronda os 30-40 kVA e a central sempre consegue fornecer potência para essa carga sem problemas. Sempre existiu um excesso de casca de castanha de caju disponível durante a operação da central – a capacidade de processamento é de aproximadamente 1.200 toneladas/ano, mas isto pode ser aumentado pela adição de turnos. Embora essas indicações não pudessem ser substanciadas, é provável que a central de SICAJU usa no máximo 50% da capacidade da central. Existirá, assim, um excesso de eletricidade disponível para fornecer às companhias vizinhas (principalmente os armazéns).

Note que existem linhas de rede de MT passando por perto; fornecimento à EAGB seria assim uma opção alternativa.



**Figura 25: SICAJU máquina a vapor**



**Figura 26: SICAJU alternador**

## 5.2.2 Estado da central

Como mencionado, toda a central funcionou bem durante 2 anos, produzindo eletricidade estável e fiável e vapor para processo da fábrica de SICAJU. Os equipamentos da central parecem estar em boas condições. Depois de um período de paralisação, a máquina de vapor deixou de funcionar. A caldeira continua operacional, embora não se encontrava em funcionamento durante a visita à instalação devido à paralisação da fábrica. SICAJU (2015) referiu que pretende iniciar as operações de novo em 3 meses.

A natureza do problema com a máquina de vapor é desconhecida, mas a companhia já contactou o fornecedor do equipamento (Benecke) para discutir possíveis soluções. Uma missão técnica do fornecedor para identificar e resolver o problema já foi proposto; um custo estimado de 15.000 EUR.

## 5.2.3 Barreiras à operação da central

### 1. Técnica

A principal barreira técnica à operação da central é o mal funcionamento da máquina de vapor, o que exigirá avaliação e resolução por um especialista. Visto que a central funcionou bem por dois anos e o equipamento tem sido bem mantido, espera-se que não será necessário qualquer renovação.

### 2. Organizacional

A principal barreira organizacional é a integração da central na instalação de processamento de SICAJU; quando a fábrica de SICAJU não se encontrar em funcionamento, a central também não funcionará. Isto não é um problema per se, mas pode limitar as possibilidades da central em fornecer eletricidade a terceiros. Como consequência, a central pode não operar na sua capacidade nominal, o que conduzirá a maiores custos operacionais (ver o seguinte).

### 3. Financeira

A barreira financeira imediata para retornar a central a funcionar seria suportar as despesas da missão técnica do fabricante.

Os custos de produção de eletricidade são bastantes dependentes da produção da central. Se a central funcionar apenas para fornecer a fábrica de LICAJU, operará a 50% da sua capacidade. Quando outras cargas são adicionadas, a produção da central aumenta o que provoca que os custos de produção por-kWh reduzam. Concretamente, os custos de produção são estimados em 0,18 e 0,33 EUR/kWh, a 90% e 50% de capacidade de utilização, respetivamente (incluindo amortização).

- Produção da central: 12 horas por dia e 300 dias por ano a 90% de capacidade – 181.440 kWh/a; a 50% de capacidade isto é 100.800 kWh/a.
- Consumo de biomassa (casca de castanha de caju) é 599 t/a e 333 t/a a 90% e 50% de capacidade de utilização, respetivamente. Os custos de combustível são considerados nulos em ambos os casos.
- Custo de pessoal é estimado em 0,06 EUR/kWh e 0,10 EUR/kWh a 90% e 50% de capacidade de utilização, respetivamente, com base em 2 grupos de pessoal a um custo médio de 15 EUR/pessoa/dia. Note que a operação da caldeira é necessária em qualquer caso.
- Custos de manutenção: 7,500 EUR/a (5% do custo de equipamento) que é 0.04 EUR/kWh ou 0.07 EUR/kWh.

- Amortização: 30,000 EUR/a (300.000 EUR ao longo de um período de 10 anos) o que dá 0.08 EUR/kWh ou 0.15 EUR/kWh a 90% e 50% de capacidade de utilização, respetivamente.

Fornecimento alternativo de eletricidade para a fábrica de SICAJU seria da EAGB (custa 0,29 EUR/kWh incluindo a taxa de ligação cobrada mensalmente) ou de um próprio gerador a Diesel (custa 0,37 EUR/kWh a 50 kVA). Ambos são muito acima dos custos de operação da central de biomassa, isto é, excluindo depreciação.

## 5.3 LICAJU

### 5.3.1 Descrição da central

Em 2006, a companhia de processamento de caju LICAJU em Bolama candidatou-se por financiamento para uma central elétrica a vapor junto do Banco Mundial no âmbito de projeto PRDSP. A central devia fornecer eletricidade e vapor à instalação de LICAJU, assim como a cidade de Bolama. O equipamento foi encomendado e enviado para Guiné-Bissau, chegando em Bissau em 2006. Porém, por razões desconhecidas, LICAJU recusou aceitar e instalar a central (de Silva, 2015). O equipamento permaneceu no porto de Bissau até 2014, quando foi adquirido pela Intanha. De acordo com Intanha (2015), o equipamento encontrava-se endentado, com ferrugens e sem recuperação possível.

O equipamento foi eventualmente transferido para a companhia Noba Sabi em Safim (11°57'53.200"N 15°38'49.700"W), como constatado pelo consultor. O proprietário pretende instalá-lo em Safim, para produção de eletricidade e calor para a sua destilaria e para fornecimento de energia à rede local. A central será alimentada por bagaço da destilaria. O equipamento inclui:

- Caldeira de biomassa (Benecke, capacidade nominal de 4 t/h a 16 kgf/cm<sup>2</sup>) e forno de barras de grelha
- Máquina a vapor (Benecke tipo MVB-130) com gerador CA (marca WEG, sem chapa sinalética)
- Ventilador de gás de escape
- Tubagem de vapor e água

Com base nas características técnicas de centrais a máquina a vapor semelhantes de Benecke<sup>17</sup>, as principais características técnicas são como se segue:

- Entrada de vapor na máquina a vapor: 16 kgf/cm<sup>2</sup> (a) vapor saturado seco
- Saída de vapor da máquina a vapor: 1.2 kgf/cm<sup>2</sup> (a)
- Consumo de vapor (calculado): 2.1 t/h
- Potência CA bruta<sup>18</sup>: 130 kWe (160 kVA)
- Produção da caldeira (calculada): 3 MWth

Consumo parasítico da central (ventilador de gás de escape, bomba de água da caldeira) é estimado em 20 kW (35kVA). **A potência líquida de saída da central é aproximadamente 110 kWe (125 kVA).**

<sup>17</sup> Várias propostas técnicas de centrais a vapor de Benecke na faixa de 40-200 kW estão disponíveis ao consultor

<sup>18</sup> A chapa sinalética da máquina a vapor indica a potência nominal de 130 kVA mas de acordo com o sítio do fabricante, a potência nominal de produção para MVB-130 é 130 kW (160 kVA)

Com base nas condições do vapor, perdas de transmissão e alternador (10%) e uma eficiência da caldeira de 75%, a eficiência global bruta da central é calculada em 6,1%. Tendo em conta o consumo parasítico da central, a **eficiência líquida da central é de 5,2%**. Se a central é alimentada por bagaço, com poder calorífico de 10 MJ/kg, o consumo de combustível seria cerca de 7 kg/kWh, na base de bagaço húmido com um poder calorífico líquido de 10 MJ/kg. Com uma carga média da central de 90%, o **consumo de biomassa seria 689 kg/h (16,5 toneladas/dia)**. O consumo anual de biomassa para uma disponibilidade da central de 80% (7.000 h/a) seria de 4.824 toneladas de bagaço. Note que o processo de produção de vapor necessitaria de mais combustível.

### 5.3.2 Estado da central

Os principais equipamentos da central (a caldeira e a máquina a vapor) na verdade apresentam-se com ferrugem e endentados, mas isto pode ser apenas superficial. Não foi possível inspecionar o interior desses componentes. Também, se desconhece se faltam alguns outros equipamentos da central, ou se algumas partes desapareceram. Inspeções mais abrangentes a serem conduzidas por representante do fabricante seria necessário.

A instalação do equipamento exigirá pelo menos a construção de um forno de biomassa, montagem de equipamento, construção de um chaminé e conexão ao alternador à rede local (incluindo sincronização e quadro elétrico). Os custos estimam-se em 25.000-50.000 EUR.

Também, a instalação de processamento de cana e a unidade de destilação de Noba Sabi – instalados em Bissau – teriam que ser transportados para Safim e ligados ao sistema da caldeira.

### 5.3.3 Barreiras à operação da central

#### 1. Técnica

A principal (potencial) barreira técnica para recuperar a central seria a relacionada com o atual estado e/ou possível falta de equipamentos ou partes. Neste momento, não se sabe em que condições encontram e será necessário avaliar essa situação por um representante do fabricante (Benecke).

Ter que funcionar a central com bagaço de cana-de-açúcar em vez de casca de castanha de caju (isto é, fibras húmidas em vez de cascas secas) pode exigir uma adaptação do desenho original do forno; a esse respeito, o facto de o sistema não ter sido ainda construído é uma vantagem. A capacidade da caldeira poderá ter que ser reduzida, mas uma vez que foi sobredimensionada, isto não deve constituir um problema.

#### 2. Organizacional

Dois questões organizacionais principais podem ser diferenciadas:

- Fornecimento de combustível. Devido à escala da central, a sua eficiência limitada, e o limitado Poder Calorífico Líquido do bagaço, o sistema consumirá consideráveis quantidades de bagaço (estimado em 4.824 toneladas/ano). Parte desse bagaço pode ser produzido pela própria companhia, mas é altamente provável que uma outra parte terá de ser recolhida de outras destilarias na zona. Disponibilidade limitada de biomassa complicará a operação da central e aumentam os custos operacionais.
- Ligação à rede. Como no caso da central existente a biomassa de Safim, a central é totalmente dependente da rede local (AGROSAFIM) para evacuação da sua eletricidade.

Embora o proprietário referisse que negociações com a AGROSAFIM já iniciaram, desconhece-se quais seriam as condições para um eventual fornecimento à rede.

### 3. Financeira

Uma barreira financeira que se pode apresentar seria a relacionada com a mobilização do investimento da instalação e o arranque da central. Não existem constrangimentos financeiros específicos relacionados com os custos de produção. Os custos totais são estimados em 0,14 EUR/kWh (incluindo amortização):

- Amortização da central: 7.000 horas por ano a 90% de capacidade – 693.600 kWh/ano. Consumo de biomassa (bagaço de cana): 4.824 toneladas/ano.
- Custos de combustível para bagaço que tem de ser trazido de fora da companhia são estimados em cerca de 6 EUR/tonelada com base em custos de transporte acima de 10 km e um custo de aquisição de 2 EUR/tonelada. Contudo, assume-se que metade do combustível será fornecido pela própria companhia e custo zero. Em média, isto traduz-se a custos de combustível de 0,02 EUR/kWh.
- Custo de pessoal é estimado em 0,05 EUR/kWh, com base num pessoal composto por 7 trabalhadores (3 turnos para operador de caldeira, operador de máquina a vapor; mais um administrador) a um custo médio de 15 EUR/pessoa/dia.
- Custos de manutenção: 15.000 EUR/ano (5% de custos de equipamento) ou 0,02 EUR/ano.
- Amortização: 30.000 EUR/ano (300.000 EUR ao longo de um período de 10 anos) ou 0,04 EUR/kWh.

Com uma estimativa de custo de produção de eletricidade a Diesel de 0,32 EUR/kWh (ver secção 5.1.3), existiria grande margem para negociação para alimentação da rede. Também, a própria produção substituiria a eletricidade que atualmente é adquirida da AGROSAFIM, poupando cerca de 22.000 EUR/ano.

### 5.4 Lições aprendidas

Dos diferentes projetos de produção de eletricidade a partir da biomassa que foram executados na Guiné-Bissau, as seguintes lições podem ser aprendidas.

1. **Desenvolvimento de projeto.** Parece existir conhecimento e experiência limitados no concernente ao desenvolvimento de projetos. Das entrevistas aos interessados (stakeholders), e da documentação disponível formando a base dos projetos, pode-se concluir que existe um conhecimento técnico profundo das propriedades de biomassa, tecnologias adequadas, eficiências e taxas de conversão de biomassa-à-energia, dimensionamento das instalações, etc.<sup>19</sup> No caso da central de Safim isso conduziu a uma má seleção da tecnologia, subestimação de consumo de combustível, seleção de um local a uma distância de potenciais fornecedores de biomassa e desrespeito pela concessão de fornecimento de eletricidade existente. Para futuros desenvolvimentos, seria recomendável ter os projetos revistos pelo menos por um especialista independente.
2. **Desenho adequado da central e seleção de tecnologia.** A escala da central e a tecnologia podem ter grandes consequências na eficiência energética, custos de investimentos e custos operacionais. Se a disponibilidade de combustível é limitada, ou as necessidades de combustíveis a ser adquiridas de terceiros e transportadas para a central, custo e

---

<sup>19</sup> NT: Parece uma contradição (?)

continuidade do fornecimento podem constituir potenciais barreiras à operação da central. Pequenas centrais têm, caracteristicamente, custos mais elevados com o pessoal. Deve ser feita uma avaliação realística da escala adequada e custos de produção.

3. **Seleção do local da central.** Como parte do desenho do projeto, um local adequado da central deve ser identificado, tomando em consideração uma série de questões incluindo a demanda existente e futura de energia, a logística de combustível, infraestrutura de fornecimento de energia, possíveis incômodos à vizinhança circundante e enquadramento legal/institucional relacionado com o fornecimento de energia.
4. **Serviço técnico da central.** Uma central chegou a entrar em funcionamento e caiu em desuso devido a problema técnico que ninguém conseguia resolver. Tais situações devem ser cobertas nas garantias do fornecedor – o que acrescerá aos custos – ou provisões financeiras devem ser acauteladas para essas eventualidades. Além disso, uma formação mais compreensiva (incluindo despiste de resolução de problemas e resolução de problemas) podia ter sido ministrada aos operadores da central e/ou os peritos de máquinas a vapor existentes no país.
5. **Compromisso do proprietário.** Em dois casos, parecem ter havido fraco compromisso do proprietário da central. No caso da central de LICAJU, o provável proprietário podia simplesmente recusar a central depois de ter sido adquirida e paga por terceiros. No caso da central de Safim, parece ter havido pouco incentivo em buscar as soluções de ligação à rede / questão de concessão, ou para a solução do problema técnico da caldeira. Para projetos futuros, um interesse pessoal inequívoco do proprietário do projeto deverá ser assegurado.

## 6 SÉRIE DE PROJECTOS

### 6.1 Destilaria BARROS – combustão de bagaço

Sr. Paulo Barros  
Tel. 6604229/5904229  
GPS 11°50'09.330"N 15°39'31.540"W

#### **Introdução**

Situada nas preferias de Bissau, a destilaria BARROS é uma das maiores destilarias no país. A companhia produz eau-de-vie da cana-de-açúcar; cana é adquirida dos agricultores na zona e transportada à destilaria, onde é processada. De acordo com o proprietário, a produção diária é de aproximadamente 4.000 litros de eau-de-vie, com um consumo típico de 50 toneladas por dia. A companhia funciona durante todo o ano, embora as más condições das estradas na estação das chuvas afetem a receção da cana e, conseqüentemente, a produção.

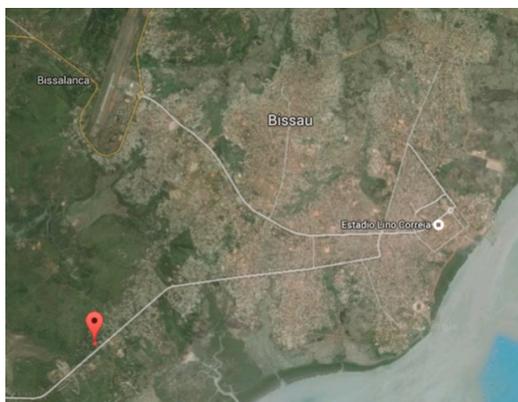


Figure 27: Localização da Destilaria Barros em Bissau



Figura 28: Instalações de Barros

#### **Demanda de energia**

A principal demanda de energia da destilaria relaciona-se com a prensagem da cana-de-açúcar. A companhia possui duas prensas operadas por motores elétricos, com capacidade individual de 50 toneladas/dia (trabalhando 8-9 horas/dia). Uma das prensas é conduzida por um motor de 50 hp (37 kW) e a outra por um motor de 21,3 kW. A carga elétrica do maior motor varia entre 6 e 21 kW durante a prensagem; a carga média estimada é de 15 kW. Isto leva que o consumo diário de eletricidade seja aproximadamente de 120 kWh; demanda anual com base em 250 dias de operação seria de 30.000 kWh/ano.

A eletricidade é produzida pela própria companhia usando um gerador a Diesel de 100 kVA, que consome cerca de 40-50 litros de combustível por dia (em média). Para uma taxa de conversão de 2,5-3 kWh por litro de Diesel, isto está de acordo com o consumo diário de eletricidade.

Destilação é realizada em lotes de 1.000 litros; a energia é fornecida da lenha. O consumo diário da lenha é desconhecido, mas com base em consumos de outras destilarias (60 kg de lenha por lotes de 1000 litros = 150 litros de eau-de-vie), o consumo diário da lenha seria de 1,6 toneladas. A energia primária seria cerca de 23 GJ por dia. O calor necessário para aquecimento do suco fermentado e vaporização da eau-de-vie, é 12,6 GJ/dia.

### ***Produção de bagaço***

A eficiência de extração do suco é cerca de 500 litros por tonelada de cana, assim, a produção do bagaço será de 0,5 toneladas por tonelada de cana. A produção diária típica de bagaço seria assim 25 toneladas; assumindo 250 dias de produção, a produção anual de bagaço situaria em 6.250 toneladas.

Na produção, o bagaço será muito húmido (aproximadamente 60% de humidade); secagem solar pode reduzir o conteúdo de humidade para cerca de 40%. A redução da massa será de 33% assim a disponibilidade do bagaço será de 4.166 toneladas/ano a 40% de humidade. O poder calorífico líquido será de aproximadamente 10 MJ/kg.

Note que pode ser possível transportar bagaço de outras destilarias na zona. Por exemplo, a produção de bagaço na destilaria de MAPILO (8 km da Destilaria Barros) é estimada em cerca de 3.500 toneladas/ano (a 70% de humidade); deve ser possível produzir um adicional de 1.500 toneladas/ano (a 40% de humidade). Assume-se que a aquisição, manuseamento e transporte custará 10 EUR/tonelada.

Na medida em que a cana-de-açúcar não produzida na companhia, a palha de cana-de-açúcar não é considerada.

### ***Potencial de produção de energia***

As 4.166 t/a de bagaço produzidas na destilaria Barros representa uma quantidade de energia primária de 41.666 GJ/a. A energia primária necessária para destilação é 4.200 GJ/a (13 GJ/dia em 250 d/a, para uma eficiência da caldeira de 75%) assim, o restante para a produção de eletricidade é 37.461 GJ/a. Para uma eficiência de conversão de 5% (líquido), isto seria 520.300 kWh/a.

Adicionando 1.500 t/a de bagaço de fontes externas acrescentaria mais 206.333 kWh/a ao potencial de produção de eletricidade, perfazendo um total de 728.634 kWh/a.

Se apenas o bagaço da própria instalação for usada e a unidade de produção de eletricidade operar durante 16 h/d, durante 300 d/a (4.800 h/a), a potência líquida média seria de 108 kWe. Para que se forneça potência parasítica, um sistema de 130 kW seria recomendado.

Se também o bagaço das fontes externas for usado e a unidade de produção de eletricidade operar por 4.800 h/a, a potência líquida média seria de 152 kWe. Para que se forneça potência parasítica, um sistema de 175 kW seria recomendado.

Em ambos os casos, o vapor de processo (16 bar, 0,4 t/h) será disponível para o processo de destilação. O vapor será tomado diretamente da caldeira.

**Tabela 18** mostra a análise económica para as duas opções. A comparação mostra que as vantagens de escala não pesam nos custos acrescidos do bagaço adicional; os custos de produção são iguais. Incluindo o fornecimento de uma fonte externa de bagaço acrescenta o risco do projeto; nesse sentido um sistema de 130 kW seria preferível.

**Tabela 18: Análise económica de produção de eletricidade do bagaço na Destilaria Barros**

	Unidade	Pequeno caso	Grande caso	Observações
Sistema de potência (bruta)	kWe	130	175	
Investimento	EUR	430,000	530,000	Estimado com base em cotações
Produção anual (net)	kWh/a	520,301	728,634	De acordo com o bagaço disponível
Consumo próprio	kWh/a	30,000	30,000	120 kWh, 250 d/a
Alimentação à rede	kWh/a	490,301	698,634	
Poupança Diesel	EUR/a	12,500	12,500	50 l/d Diesel, 250 d/a, @ 1 EUR/l
Poupanças lenha	EUR/a	15,267	15,267	1.6 t/d, 250 d/a, @25 FCFA/kg
Receitas fornecimento à rede	EUR/a	93,157	132,741	0.19 EUR/kWh (125 FCFA/kWh)
Recita total anual	EUR/a	120,924	160,508	
Custos de O&M	EUR/a	27,500	32,500	5% do investimento +20 EUR/d staff
Custos de bagaço	EUR/a	0	15,000	
Custos operacionais totais	EUR/a	27,500	47,500	
Rendimento líquido anual	EUR/a	93,424	113,008	
Período de retorno	anos	4.6	4.7	
Custos de produção	EUR/kWh	0.149	0.150	O&M, depreciação ao longo de 15 anos, e 8% taxa de juro num empréstimo de 15 anos

***Necessidades de tecnologia***

Os seguintes principais equipamentos da central seriam necessários:

- Caldeira a vapor de aproximadamente 2 MWth, com alimentação manual de bagaço (40% de humidade)
- Combinação máquina a vapor / alternador com capacidade de 130 kWe (160 kVA)
- Casa de máquinas para caldeira/máquina a vapor (10x20m)
- Armazenamento de bagaço durante as estações chuvosas (300 toneladas = 600m<sup>3</sup>)
- Modificações do Sistema de destilação
- Linha de MT (100m), transformador (200kVA) e Sistema de sincronização para ligação à rede

***Riscos***

Os seguintes riscos podem ser identificados:

- Produção reduzida da destilaria, conduzindo a produção reduzida de bagaço e subsequente reduzida produção de energia. Também, a própria demanda de energia seria reduzida. Um processamento de menos 20% de cana resultaria num aumento de período de retorno para 5,8 anos e aumento de custos de produção para 0,19 EUR/kWh. Os efeitos podem ser controlados pela compra de bagaço de terceiros; não obstante os custos adicionais, os custos de produção podiam ser limitados a cerca de 0,18 EUR/kWh. Verificação da produção da destilaria seria uma componente padrão de um estudo de viabilidade.
- Baixa disponibilidade da rede devido a apagões. Durante os apagões, o fornecimento da rede é interrompida; os apagões frequentes dificultam estimar as horas de operação. Os danos podem ser controlados pela compensação das horas perdidas por operação prolongada durante as horas “normais”, e/ou identificando um esquema de compensação no contrato de fornecimento de energia.

- Não pagamento da eletricidade fornecida à rede. Isto é um risco comercial que é característico da situação de dependência de um único cliente. Pode ser reduzido negociando um depósito de caução para cobrir um certo período, do qual o fornecedor de energia será pago em caso de incumprimento por parte do comprador da eletricidade.
- Mal funcionamento do sistema. Na ausência de um dispositivo de serviço técnico, isto pode resultar num período de paralisação prolongado (ref. SICAJU). Este risco pode ser gerido aumentando a formação dos técnicos, e/ou negociando condições adequadas de garantia por parte do fornecedor.

## 6.2 Destilaria BARROS – produção de biogás

### **Introdução**

Para além do bagaço da cana-de-açúcar, a destilaria Barros também produz grandes quantidades de vinhaça, o resíduo líquido é o resto que fica depois do processo de destilação. A vinhaça pode ser usada para produção de biogás, que pode ser usada como um combustível no gerador a Diesel existente, ou para produzir eletricidade no gerador a gás para fornecimento à destilaria e alimentar a rede. Ao mesmo tempo, reduz a carga ambiental (COD) da água residual.

### **Produção de biomassa**

Produção da vinhaça ocorre durante todo o ano. De acordo com o consumo anual da cana (12.500 t/a) a produção do suco (50% da cana) e a produção de aguardente (7,5% da cana), a vinhaça é produzida a uma taxa estimada de 5.313 m<sup>3</sup>/a, ou 21 m<sup>3</sup>/d.

### **Potencial de produção de energia**

O potencial de produção de biogás é estimado em 15 Nm<sup>3</sup> por tonelada (m<sup>3</sup>) de vinhaça. Isto significa que a produção diária média é de 228 Nm<sup>3</sup>/d, todos os dias do ano. A um Poder Calorífico Líquido de 20 MJ/kg, isto corresponde a 4.554 MJ/d de energia primária. Quando usado num gerador a gás, a uma taxa de conversão de 1,5 kWh/Nm<sup>3</sup>, a produção de eletricidade seria aproximadamente igual 120.000 kWh/ano dos quais 30.000 kWh/ano seriam consumidos na destilaria e 90.000 kWh/ano seriam injetados na rede. Um gerador de aproximadamente 50 kVA seria apropriado para atender as necessidades de energia da destilaria e converter o restante biogás em eletricidade para a rede.

Uma outra opção seria usar (uma pequena quantidade) o biogás no gerador a Diesel existente (duplo combustível). 1 Nm<sup>3</sup> de biogás pode substituir aproximadamente 0,4 litros de gasóleo. Estima-se, que em média, cerca de 70% do consumo de Diesel possa ser substituída; a um consumo de Diesel de 50 l/d isto seria 35 l/d que exigiria 88 Nm<sup>3</sup>/de biogás. Isto significa que cerca de 38% do potencial de energia de vinhaça seria utilizada.

### **Análise Económica**

A Tabela 20 mostra a análise económica do projeto sob dois cenários tecnológicos: usando toda a vinhaça para a produção de eletricidade para destilaria e injeção na rede, e usando parte da vinhaça para substituir o consumo de Diesel. Não foram incluídos ganhos financeiros devido às melhorias ambientais.

**Tabela 19: Análise económica de produção de biogás na destilaria Barros**

	Unidade	Apenas Diesel substituído	Toda vinhaça usada	Observações
Dimensão do Sistema de biogás	m <sup>3</sup>	496	1,290	
Capacidade do gerador	kW	0	40	
Investimento	EUR	32,000	97,000	
Produção anual de gás	Nm <sup>3</sup> /a	21,875	79,688	
Produção anual de eletricidade	kWh/a	0	119,531	
Alimentação anual da rede	kWh/a	0	89,531	
		8,750	12,500	35 e 50 l/d diesel, 250 d/a, @ 1 EUR/l
Poupança de Diesel	EUR/a			
Venda de eletricidade	EUR/a	0	17,011	89,531 kWh/a @ 0.19 EUR/kWh
Custos de O&M	EUR/a	960	4,850	3% e 5% de investimento
Rendimento Líquido anual	EUR/a	7,790	24,661	
Período de retorno	anos	4.1	3.9	
Custos de produção incl fin	EUR/kWh	N/A	0.135	O&M, depreciação em 15 anos, e 8% de taxa de juro num empréstimo de 15 anos

Os dois casos parecem viáveis, com períodos de retorno próximos dos 4 anos. O sistema menor, onde parte do Diesel é substituída, tem a vantagem de substituir uma fonte cara de energia (Diesel); o sistema maior fornece a grande parte da energia à rede a um preço mais baixo, mas tem a vantagem de escala.

#### **Requisitos técnicos**

Os seguintes principais componentes da instalação seriam necessários:

- Digestor: um saco PVC reforçado com fibra sobre um bloco de cimento em uma escavação, com entrada e saída
- Ligação da destilaria ao digestor, incluindo um armazenamento intermediário para permitir arrefecimento de vinhaça
- Sistema para redução de H<sub>2</sub>S no biogás, como exigido quando se usa gás em motores, por exemplo, com base em óxido de ferro
- No caso do sistema menor: uma ligação do biogás para o motor Diesel (entrada na caixa de tomada de ar), com um contador de gás
- No caso do sistema maior: um gerador a gás de 50 kVA (vela de ignição) sistema de sincronização da rede, cabos e transformador para ligação à rede

#### **Riscos**

Os seguintes riscos podem ser identificados:

- Incoerência na qualidade de vinhaça. Embora tenha-se demonstrado que a vinhaça é uma boa matéria-prima para biogás, existirão diferenças de composição entre as destilarias. Também, o método típico de tratamento baseia-se em UASB, enquanto (para reduzida complexidade) a tecnologia proposta é a lagoa coberta. Uma análise de amostras de vinhaça e experiências de digestão de pequena escala seriam necessários antes de se considerar o projeto.

- Produção reduzida da destilaria, conduzindo a redução de produção de vinhaça e subsequentemente uma produção reduzida de biogás. Isto resultaria numa redução de poupanças de Diesel e assim num maior período de retorno. Um redução de 20% aumentaria o período de retorno para 5,3 e 4,8 anos para o sistema pequeno e grande, respetivamente.
- Mal funcionamento do sistema. Vinhaça não é uma matéria-prima padrão de biogás (tal como, por exemplo, o estrume de gado) e instabilidades de sistema podem ocorrer. Caso ocorram, assessoria de um especialista de biogás seria provavelmente necessário, o que seria muito oneroso.

### 6.3 Destilaria de Jugudul – combustão de bagaço

Sr. Victor Simões

Tel. 5931111/6804106

GPS 12°02'45.934"N 15°19'49.306"W

#### **Introdução**

Jugudul é uma comunidade situada próximo da cidade de Mansoa (região de Oio). A destilaria de Jugudul é uma das mais pequenas destilarias visitadas no curso do projeto. A companhia produz eau-de-vie da cana-de-açúcar; pequena parte da cana vem da própria plantação da companhia (8 ha), a maioria é adquirida dos agricultores. O processamento de cana é cerca de 10 toneladas por dia, correspondendo a uma produção 600 litros por dia. A companhia funciona geralmente 5-6 meses por ano; isto pode ser prolongado até 7 meses.

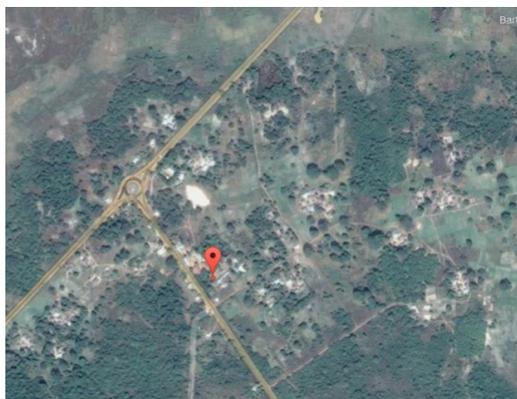


Figura 29: Localização da destilaria em Jugudul



Figura 30: Prensa de cana na destilaria de Jugudul

#### **Demanda de energia**

Para prensagem de cana, a companhia usa uma prensa conduzida a motor Diesel, um motor Lister de dois cilindros (capacidade estimada de 20 kW). Com base no consumo de cana (10 t/d), o consumo diário de Diesel é estimado em 15 litros, e o consumo de eletricidade de 40 kWh/d se for instalado um sistema elétrico. O consumo anual de eletricidade seria de 6.240 kWh/a.

A destilação é feita usando a lenha; com base numa produção de licor, o consumo diário de lenha é estimado em 0,3 toneladas.

A comunidade de Jugudul tem 900 habitantes em 170 agregados familiares; analisando na perspetiva do local da destilaria, cerca de 50-100 agregados familiares podiam ser ligados num

raio aproximado de 1.000 metros. Assumindo uma potencial demanda diária de 0,5 kWh/d/agregado (apenas horas noturnas), a demanda de eletricidade seria de 8.750-17.500 kWh/a com a demanda de ponta na ordem 10-15 kW.

NB: O potencial de demanda de eletricidade para Mansoa será muitas vezes aquela em Jugudul. No entanto, situa-se a cerca de 3 km da destilaria e tendo em conta a capacidade do sistema (de aproximadamente 20 kW), a instalação da infraestrutura não será provavelmente viável.

A demanda total de eletricidade será então estimada em 14.990 – 23.740 kWh/a.

#### ***Produção de biomassa***

Com base em 6 meses de operação, 6 dias por semana, um consume de cana de 10 t/d e produção de bagaço de 600 kg por tonelada de cana prensada, a produção anual de bagaço será na ordem de 924 toneladas. Esse bagaço terá teor de humidade muito elevado (> 60% de humidade); quando secado para atingir 40% de teor de humidade restará cerca de 540 t/a. Adicionando alguma quantidade de palha dos próprios campos da companhia (10% da própria cana = 20 t/a), o total de biomassa será de 560 t/a.

#### ***Potencial de produção de energia***

O valor total de energia primária da biomassa disponível será cerca de 5.600 GJ/a. Estimando que cerca de 540 GJ/a seria necessário para vapor de processo de destilação, ficará 5.060 GJ/a para produção de eletricidade.

A uma escala de produção necessária (20 kW / 25 kVA), existem duas opções tecnológicas:

1. Um sistema Brasileiro de 25 kVA (Benecke) – a mais pequena instalação oferecida pela companhia – com uma eficiência líquida de cerca de 5% com base da qual cerca de 73.000 kWh/a de eletricidade podia ser produzida.
2. Um sistema Indiano de 25 kVA (Tinytech) – a maior instalação oferecida pela companhia, com uma eficiência líquida de cerca de 3%<sup>20</sup> com base da qual cerca de 44.000 kWh/a de eletricidade podia ser produzida.

As duas instalações podem, assim, facilmente, fornecer o total da demanda de eletricidade estimada.

Tabela 20 seguinte mostra a análise económica sob as condições dos dois cenários.

Note que a tarifa de eletricidade foi fixada em 0,60 EUR/kWh, que se situa entre os custos de produção com e sem custos financeiros. A este, cerca de 0,10-0,20 EUR/kWh deve ser adicionado para a distribuição de eletricidade (custos de investimento não incluídos na tabela acima) e administração. Se essa é suficiente, ou muito elevada, dependerá da forma como o projeto é financiado, e a capacidade e vontade de pagar os potenciais clientes.

---

<sup>20</sup> Infelizmente, o fornecedor de sistemas Tinytech não pode oferecer detalhes sobre o desempenho de seus sistemas. A eficiência é estimada, de acordo com a pressão de vapor dada e eficiências assumidas da máquina a vapor e eficiência da caldeira (ambos de alguma forma inferiores daqueles dos sistemas Brasileiros)

Existe uma notável diferença entre o período de retorno e os custos de produção dos sistemas Brasileiro e Indiano. Isto é devido à diferença nos custos de investimentos, que estão relacionados com a depreciação, custos financeiros, e também a manutenção (isto é uma percentagem fixa dos custos de investimento). A menor eficiência do sistema indiano não influencia diretamente a análise económica, visto que o bagaço está disponível sem custos.

**Tabela 20: Análise económica de produção de eletricidade do bagaço da destilaria de Jugudul**

	Unidade	Tecnologia Brasileira	Tecnologia Indiana	Observações
Potência do sistema (bruta)	kWe	20	20	
Investimento	EUR	130,000	60,000	Estimativas de acordo com cotações De acordo coma demanda de energia
Produção anual (liquido)	kWh/a	29,900	29,900	
Consumo próprio	kWh/a	6,160	6,160	40 kWh, 154 d/a
Alimentação da rede	kWh/a	23,740	23,740	
Poupança de Diesel	EUR/a	2,310	2,310	15 l/d diesel, 154 d/a, @ 1 EUR/l
Poupança de lenha	EUR/a	1,411	1,411	0.3 t/d, 154 d/a, @25 FCFA/kg
Receita de fornecimento à rede	EUR/a	14,244	14,244	0.60 EUR/kWh (393 FCFA/kWh)
Receita total anual	EUR/a	17,965	17,965	
Custos de O&M	EUR/a	8,000	4,500	5% do investimento + 5 EUR/d staff
Rendimento líquido anual	EUR/a	9,965	13,465	
Período de retorno	anos	13.0	4.5	
Custos de produção	EUR/kWh	0.776	0.450	O&M, depreciação ao longo 15 (10) anos, e 8% taxa de juro num empréstimo de 15 (10) anos

Deve ser realçado que a vida útil das duas opções tecnológicas pode ser diferente. Caldeiras a vapor de boa qualidade podem operar por 10-15 anos quando bem-mantidas; para máquinas a vapor podem durar décadas. No entanto, não se sabe se os sistemas Indianos podem atingir essas vidas uteis.

Contudo, tendo em conta os custos de investimentos mais baixos (menor risco) e o período de amortização mais baixo, o sistema indiano seria preferível.

#### **Requisitos técnicos**

Os seguintes principais componentes da instalação seriam necessários:

- Caldeira de vapor de aproximadamente 400 kWt, com alimentação manual de bagaço (40% humidade) (Tinytech)
- Conjunto máquina a vapor / alternador com kWe (25 kVA) de capacidade (Tinytech)
- Casa de máquinas para caldeira / máquina a vapor (5x10m)
- Armazenamento de bagaço durante a estação chuvosa (200 toneladas = 400m<sup>3</sup>)
- Modificações ao sistema de destilação
- Sistema de rede de BT, aproximadamente 1500m

#### **Riscos**

Os seguintes riscos podem ser identificados:

- Redução da produção da destilaria, levando a redução de produção de bagaço e subsequentemente redução na produção de energia. Existe uma sobreprodução de aproximadamente 20% de bagaço, por isso este risco pode ser considerado de baixo. Contudo, a produção da destilaria e consumo de energia terão que ser avaliados como parte do estudo de viabilidade.
- Mal funcionamento do sistema. Na ausência de um serviço técnico, isto pode resultar em paralisações prolongadas (ref. SICAJU). Este risco pode ser reduzido aumentando a formação dos técnicos, e/ou negociar condições de garantia apropriadas do fornecedor.
- Redução de rendimentos da venda eletricidade. Se o número de clientes ligado à rede for inferior ao esperado, os clientes podem não ser capazes de pagar as suas contas, ou o seu consumo médio seria inferior, o rendimento seria reduzido. Este risco pode ser controlado pela avaliação do número potencial de clientes, e a sua capacidade e vontade de pagar.

#### 6.4 Destilaria de Jugudul – biogás de vinhaça

##### **Introdução**

À semelhança da destilaria Barros descrita na secção 6.2, a vinhaça produzida no processo de destilação pode ser usada para produção de biogás. Neste caso, pode ser usado com um combustível de motor para a prensa de cana-de-açúcar ou no processo de destilação. Iguamente, a carga ambiental (COD) da água residual será reduzida.

##### **Produção de biomassa**

A produção de vinhaça corre durante 6 meses por ano, 6 dias por semana. Com base no consumo anual da cana (1.543 t/a), a produção de suco (40% da cana) e a produção de aguardente (5% da cana) a uma taxa estimada de 450 m<sup>3</sup>/a, ou 3,5 m<sup>3</sup>/d.

##### **Potencial de produção de energia**

O potencial de produção de biogás é estimado em 15 Nm<sup>3</sup> por tonelada (m<sup>3</sup>) de vinhaça. Isto significa que a produção média diária de biogás durante 6 meses da operação da destilaria é 45 nM<sup>3</sup>/d (em 7 dias/semana). Para um Poder Calorífico Líquido de 20 MJ/kg, isto corresponde a 900 MJ/d de energia primária.

Quando utilizado num motor a Diesel (duplo combustível), 1 Nm<sup>3</sup> de biogás pode substituir cerca de 0,4 litros de Diesel. Estima-se que em média, cerca de 70% e Diesel para prensagem da cana seja substituída; a um consumo de 15 l/d isto seria 10,5 l/d que exigiria 26 Nm<sup>3</sup>/d de biogás. O restante do gás pode ser usado para substituir a lenha na destilaria, a uma taxa de 0,72 kg/Nm<sup>3</sup>; substituição diária da lenha seria cerca de 26 kg (11%).

Note que, em vez de usar o biogás para substituir a lenha, o biogás da vinhaça pode ser usada apenas no motor a Diesel já que a substituição da lenha não terá muito benefício financeiro.

##### **Análise económica**

Tabela 20 seguinte mostra a análise económica do projeto nos dois cenários técnicos: usando toda a vinhaça e usando apenas a vinhaça necessária pra substituir o consumo de Diesel. Benefícios ambientais não são considerados na análise.

**Tabela 21: Análise económica de produção de biogás na destilaria de Jugudul**

	Unidade	Toda a vinhaça usada	Apenas Diesel substituído	Observações
Dimensão do sistema	m <sup>3</sup>	220	128	
Investimento	EUR	18,000	12,000	
Produção anual	Nm <sup>3</sup> /a	8,100	4,725	
				9 l/d de diesel em 156 d/a, @ 1
Poupança anual Diesel	EUR/a	1,620	1,620	EUR/l
Poupança lenha	EUR/a	129	N/A	0.3 t/d em 154 d/a, @25 FCFA/kg
Custos O&M	EUR/a	540	360	3% de investimento
Rendimento líquido anual	EUR/a	1,209	1,260	
Período de retorno	a	14.9	9.5	

Os cálculos mostram que nos dois casos, a análise económica é duvidosa. Isto se deve ao facto da taxa de uso limitado (6 meses por ano, 6 dias/semana, isto é, menos de 50% do ano), a pequena escala, e em menor grau, a taxa limitada de produção de gás da vinhaça que resulta em um digestor de volume relativamente grande

#### **Requisitos técnicos**

Os seguintes principais componentes da instalação seriam necessários:

- Digestor: um saco PVC reforçado com fibra em um bloco de cimento sobre uma escavação, com entrada e saída
- Ligação da destilaria ao digestor, incluindo um armazenamento intermediário para permitir arrefecimento de vinhaça
- Sistema para redução de H<sub>2</sub>S no biogás, como exigido quando se usa gás em motores, por exemplo, com base em óxido de ferro
- Ligação do biogás para o motor Diesel (entrada na caixa de tomada de ar), com um contador de gás

#### **Riscos**

Os potenciais riscos são semelhantes àqueles descritos na secção 6.2.

- Incoerência na qualidade de vinhaça pode resultar em uma produção inferior de vinhaça e pode exigir sistema de biogás diferente (mais complexos). Uma análise de amostras de vinhaça seria necessária para despistar as diferenças.
- Produção reduzida da destilaria, conduzindo a redução de produção de vinhaça e subsequentemente produção reduzida de biogás e maiores períodos de retorno. Um redução de 20% aumentaria o período de retorno para 20 e 13 anos para o sistema grande e pequeno, respetivamente.
- Mal funcionamento do sistema. Vinhaça não é uma matéria-prima padrão de biogás (tal como, por exemplo, o estrume de gado) e instabilidades de sistema podem ocorrer. Caso ocorram, assessoria de um especialista de biogás seria provavelmente necessário, o que seria muito oneroso.

## 6.5 Destilaria de Quinhamel – combustão de bagaço

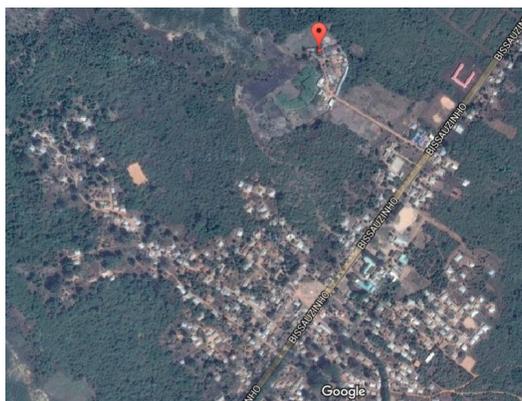
Sr. Mário Lopes dos Santos

Tel. 6626599/5969800; mario.santos188@gmail.com

11°54'05.810"N 15°51'03.730"W

### **Introdução**

A destilaria em Quinhamel usa três produtos para a produção de eau-de-vie: a cana-de-açúcar (suco), falso fruto de caju (vinho) e mel. A maioria da cana (70%) é produzida nas propriedades da companhia; a maioria do falso fruto de caju para o vinho vem da própria companhia. O mel é adquirido de uma companhia externa. A produção anual de eau-de-vie é estimada em 346 mil litros.



**Figura 31: Localização da destilaria de Quinhamel**      **Figura 32: Bagaço na destilaria de Quinhamel**

### **Demanda de energia**

A demanda de energia da destilaria relaciona-se com a prensagem da cana-de-açúcar, que acontece durante três meses por ano. O consumo de Diesel durante esse período é estimado em 30 litros por dia; se as prensas operarem com eletricidade, isto seria cerca de 100 kWh/d. Durante os restantes meses, o consumo de Diesel / demanda de eletricidade são estimadas em 10 litros por dia ou 30 kWh/dia. O consumo anual de Diesel é assim estimado em 4.000l/a; o potencial da demanda total de eletricidade em 12.750 kWh/a.

A energia é fornecida pela lenha. Com base na produção anual, e informações de outra destilaria, o consumo diário de lenha seria de 104 t/a. A demanda de energia primária seria cerca de 1.485 GJ/a.

A comunidade de Quinhamel tem cerca de 6.000 habitantes em 1.000 agregados familiares. Existe uma rede elétrica mas devido a problemas técnicos com os geradores não há fornecimento de eletricidade. Assumindo ligação a 500 casas com um potencial de demanda diária de 0,5 kWh/d/agregado (principalmente no período noturno), a demanda anual de eletricidade seria cerca de 75.000 kWh/a com uma demanda de ponta na ordem de 50-100 kW. Possivelmente, prevê-se consumo comercial; assim, assume-se um consumo total de eletricidade de 100.000 kWh.

### **Produção de biomassa**

Com base na eficiência de extração de suco (300 litros por tonelada de cana) e consumo diário de cana durante processamento (30 t/d), estima-se que a produção de bagaço seja de 21 t/d ou 1.575 t/a. Depois da secagem atmosférica, de 65% para 40%, ficará 919 t/a. Além disso, existirá

cerca de 157 t/a de lixo da cana-de-açúcar recuperável das propriedades da companhia, elevando o total da biomassa disponível para 1.076 t/a. O poder calorífico líquido será aproximadamente igual a 10 MJ/kg.

### **Potencial de produção de energia**

As 1.076 t/a de bagaço e palha produzida representam uma quantidade de energia primária de 10.760 GJ/a. A energia primária necessária para a destilação é de aproximadamente 990 GJ/a e, assim, a restante 9.722 GJ/a para a produção de eletricidade. Considerando uma eficiência de conversão de 5% (líquido), isto seria 135.725 kWh/a. Assim, ter-se-ia suficiente biomassa disponível para fornecer a destilaria e toda a cidade.

Com base em 12 h/a de produção em 300 d/a, a potência média produzida seria de 38 kWe. Devido às cargas de ponta, quer seja na fábrica, quer seja nas horas noturnas da cidade, um sistema de pelo 70 kWe seria recomendável. Possivelmente, para o fornecimento da carga total da cidade, um sistema de 100 kWe seria necessário.

### **Análise económica**

A Tabela 18 mostra a análise económica para as opções do sistema de 70 kWe e 100 kWe. Nos dois casos as poupanças de combustível e eletricidade fornecida à cidade são as mesmas. Os custos de investimentos e O&M são diferentes.

**Tabela 22: Análise económica de produção de eletricidade de bagaço na destilaria de Quinhamel**

	Unidade	Caso pequeno	Caso Grande	Observações
Sistema de potência	kWe	70	100	
Investimento	EUR	297,000	370,000	
Produção anual	kWh/a	112,750	112,750	
Consumo próprio	kWh/a	12,750	12,750	100 kWh/d na prensagem de cana, 30 kWh/d de outra forma
Para alimentação à rede	kWh/a	100,000	100,000	De acordo com a demanda assumida
Poupanças Diesel	EUR/a	4,000	4,000	35 l/d de diesel na prensagem de cana, 10 l/d de outra forma, @ 1 EUR/l
Poupanças lenha	EUR/a	3,965	3,965	104 t/a @25 FCFA/kg
Receitas de fornecimento à rede	EUR/a	60,000	60,000	Ao preço de 0.60 EUR/kWh (393 FCFA/kWh)
Total receita anual	EUR/a	67,965	67,965	
Custos de O&M	EUR/a	17,850	21,500	5% de investimento+ 10 EUR/d staff
Rendimento anual líquido	EUR/a	50,115	46,465	
Período de retorno	a	5.9	8.0	
Custos de produção	EUR/kWh	0.466	0.574	incluindo O&M, depreciação, e 8% taxa de juro num empréstimo de 15 anos

Os cálculos apresentam períodos de retorno de aproximadamente 6 e 8 anos para o sistema mais pequeno e o sistema maior, a um preço de venda de eletricidade de 0,60 EUR/kWh (custos de distribuição e administração a serem adicionados). O projeto dependeria fortemente nas receitas da venda de eletricidade para os consumidores na cidade; poupanças de Diesel e

consumo de lenha são modestas, e são insuficientes para cobrir os custos de operação e manutenção.

#### **Requisitos técnicos**

Os seguintes principais componentes da instalação seriam necessários:

- Caldeira de vapor de aproximadamente 800 (ou 1100) kWt, com alimentação manual de bagaço (40% humidade)
- Conjunto máquina a vapor / alternador com 70 (ou 100) kWe (85 ou 125 kVA) de capacidade
- Casa de máquinas para caldeira / máquina a vapor (10x20m)
- Armazenamento de bagaço (500 toneladas = 1000m<sup>3</sup>)
- Modificações ao sistema de destilação
- Linha (700 m) para ligação à rede da cidade

#### **Riscos**

Os seguintes riscos podem ser identificados:

- Redução da produção da destilaria, levando a redução de produção de bagaço e subsequentemente redução na produção de energia. Existe uma sobreprodução de aproximadamente 20% de bagaço, por isso este risco pode ser considerado de baixo. Contudo, a produção da destilaria e consumo de energia terão que ser avaliados como parte do estudo de viabilidade.
- Mal funcionamento do sistema. Na ausência de um serviço técnico, isto pode resultar em paralisações prolongadas (ref. SICAJU). Este risco pode ser reduzido aumentando a formação dos técnicos, e/ou negociar condições de garantia apropriadas do fornecedor.
- Redução de rendimentos da venda eletricidade. Como se referiu acima, a principal fonte de rendimento é a venda de eletricidade à cidade, e os custos de operação e manutenção não podem ser cobertos apenas com as poupanças da destilaria. Se o rendimento da venda de eletricidade reduzir-se em 20%, o período de retorno passará para 8 anos (ou 11 anos para o sistema maior). Este risco pode ser controlado pela avaliação do número potencial de clientes, e a sua capacidade e vontade de pagar.

## **6.6 Destilaria de Quinhamel – produção de biogás**

### **Introdução**

Para além do bagaço e palha de cana, a produção de vinhaça acontece durante todo o ano, o que o torna uma fonte contínua de biomassa para produção de biogás.

### **Produção de biomassa**

Com base na produção anual de aguardente (346 m<sup>3</sup>/a) e a produção de vinhaça por m<sup>3</sup> de aguardente (4 litros de vinhaça por litro de aguardente), estima-se que a produção de vinhaça seja 1.385 m<sup>3</sup>/a. Durante 250 dias por ano, isto resulta em uma média aproximada de 5,5 m<sup>3</sup>/d. Note que ocorrerá variações ao longo do ano; devido às diferentes taxas de produção de aguardente, mas também por causa das diferentes quantidades de vinhaça de diferentes origens (cana, falso fruto de caju, mel).

### Potencial de produção de energia

Com um potencial de produção de biogás de 15 Nm<sup>3</sup> por tonelada (m<sup>3</sup>) de vinhaça, produção de biogás será cerca de 20.775 m<sup>3</sup>/a ou 59 m<sup>3</sup>/d. Para um Poder Calorífico Líquido de 20 MJ/kg, isto corresponde a 1.187 MJ/d de energia primária. Quando usado num motor a gás, o potencial de produção de eletricidade seria de 89 kWh/d, em média 11 kWe durante 8 horas. Quando usado num motor a Diesel para esmagamento da cana ou produção de eletricidade (duplo combustível), 1 Nm<sup>3</sup> de biogás pode substituir 0,4 litros de Diesel com um nível máximo de substituição de 70%. A máxima substituição de Diesel seria assim 24 litros por dia.

Parece não haver uma boa correspondência entre a energia fornecida e a demanda quando o gás for usado para produção de eletricidade, nem na destilaria, nem na cidade. Usar o gás como duplo combustível/ou substituição de lenha seria, portanto, mais apropriada. Uma vez que existem dois níveis de consumo de Diesel (alto consumo durante 3 meses de esmagamento de cana, e baixa demanda durante os restantes meses) existem duas opções:

- Produção de gás a uma taxa que possa ser totalmente usada durante o esmagamento da cana; quando não ocorrer o esmagamento de cana, haverá excesso de gás que poderia ser usado para substituir a lenha. Seria necessário um sistema de biogás de aproximadamente 350 m<sup>3</sup>, usando todo o potencial da vinhaça (5,5 m<sup>3</sup>/d) produzindo 59 m<sup>3</sup>/d de biogás.
- Produção de gás a uma taxa (baixa), que possa ser totalmente usada durante os períodos sem esmagamento de cana; quando ocorrer esmagamento de cana, o gás apenas cobre uma pequena parte das necessidades de energia (20%). O sistema usaria 1,2 m<sup>3</sup>/d de vinhaça, produzindo 17,5 m<sup>3</sup>/d de biogás. O tamanho do digestor seria de aproximadamente 80 m<sup>3</sup>.

### Análise económica

Tabela 20 seguinte mostra a análise económica sob dois cenários tecnológicos: um sistema grande usando toda a vinhaça, ou um sistema mais pequeno usando apenas parte da vinhaça. Benefícios financeiros de melhorias ambientais não foram incluídos.

**Tabela 23: Análise económica de produção de biogás na destilaria de Quinhamel**

	Unidade	Grande	Pequeno	Observações
Tamanho do sistema	m <sup>3</sup>	336	76	
Investimento	EUR	25,000	10,000	
Produção anual	Nm <sup>3</sup> /a	20,775	6,125	
Poupança de combustível Diesel	EUR/a	3,006	1,750	
Poupança de lenha	EUR/a	391	0	8 t/a @25 FCFA/kg
Custos de O&M	EUR/a	750	300	3% de investimento
Rendimento líquido anual	EUR/a	2,647	1,450	
Período de retorno	A	9.4	6.9	

Os resultados mostram que o sistema menor é financeiramente mais atrativo; os custos de investimentos maiores (e custos O&M) para o sistema maior não são superados pelas poupanças de custos adicionais da substituição de mais Diesel. A substituição da lenha pelo excesso de biogás não acrescenta muito ao total dos níveis de poupanças.

### **Requisitos técnicos**

Os seguintes principais componentes da instalação seriam necessários:

- Digestor: um saco PVC reforçado com fibra sobre um bloco de cimento em uma escavação, com entrada e saída
- Ligação da destilaria ao digestor, incluindo um armazenamento intermediário para permitir arrefecimento de vinhaça
- Sistema para redução de H<sub>2</sub>S no biogás, como exigido quando se usa gás em motores, por exemplo, com base em óxido de ferro
- Ligação do biogás para o motor Diesel (entrada na caixa de tomada de ar), com um contador de gás

### **Riscos**

Os potenciais riscos são semelhantes àqueles descritos na secção 6.2 e 6.4 acima:

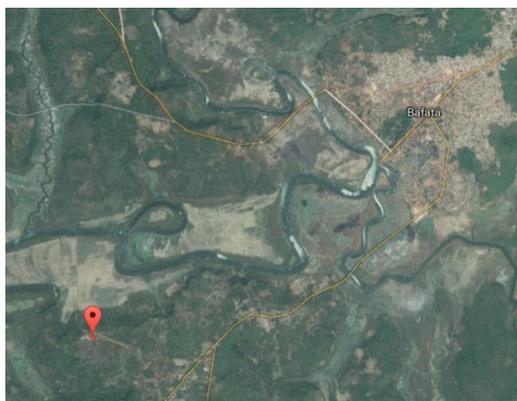
- Incoerência na qualidade de vinhaça pode resultar numa produção inferior e pode exigir sistema de biogás diferente (mais complexos). Uma análise de amostras de vinhaça seria necessária para despistar as diferenças.
- Produção reduzida da destilaria, conduzindo a redução de produção de vinhaça e subsequentemente produção reduzida de biogás e maiores períodos de retorno. Um redução de 20% aumentaria o período de retorno para 12 e 8 anos para o sistema grande e pequeno, respetivamente.
- Mal funcionamento do sistema. Vinhaça não é uma matéria-prima padrão de biogás (tal como, por exemplo, o estrume de gado) e instabilidades de sistema podem ocorrer. Caso ocorram, assessoria de um especialista de biogás seria provavelmente necessário, o que seria muito oneroso.

## 6.7 Fábrica de arroz de AGROGEBBA

Sr. Óscar Figonetti  
oscarfigonetti@hotmail.com  
GPS 12°08'17.535"N 14°42'30.122"W

### **Introdução**

AGROGEBBA é uma subsidiária da companhia agroindustrial Espanhola AGROMAY. A companhia produz arroz em 300 ha, e processa o na sua própria fábrica situado a 10 km de Bafatá. É uma fábrica moderna com equipamentos de secagem, armazenamento, descasque, polimento, separação e ensacamento.



**Figura 33: Localização de Agroegeba perto de Bafatá**      **Figura 34: Casca de arroz em Agroegeba**

Existem duas estações: cada estação começa com cerca de um mês da colheita, secagem e armazenamento de paddy (24 h/d de operação). De seguida, há 3-4- meses de processamento, que é geralmente em regime de tempo parcial (até 16 h/d). O processamento de paddy é aproximadamente 700 toneladas por estação, isto é, 1.400 toneladas por ano. (8-10 t/d em média).

### **Demanda de energia**

A companhia opera independentemente da rede, produzindo a sua própria energia do combustível Diesel. Eletricidade é produzida usando um dos dois geradores a Diesel (200 kVA + 66 kVA) dependendo dos equipamentos da instalação em uso. Com base na produção média, o consumo de eletricidade para o processo de produção é estimado em cerca de 200 kWh/d (35.000 kWh/a). O consumo de eletricidade para os secadores é estimado em 5.000 kWh/a, e para os outros equipamentos (por exemplo, A.C. dos escritórios) são estimados em 50 kWh/d (10.000 kWh/a), levando o consumo total de eletricidade a 50.000 kWh/a. O consumo de combustível Diesel para os geradores é estimado em cerca de 20.000 litros por ano. Carga média durante o período de secagem seria cerca de 10-15 kWe; durante o processamento será cerca de 25-30 kWe.

Secagem da paddy é feita por dois secadores movidos a motor a Diesel. O consumo de Diesel durante o período de secagem é cerca de 350 l/d, elevando-se o consumo anual de Diesel para secagem a 20.000 litros por ano. Com base no consumo de combustível, a potência térmica fornecida a cada secador é de 140 kWt.

### **Produção de biomassa**

De acordo com a Agrogeba, a produção da casca de arroz é aproximadamente 23% da paddy. Com 1.400 toneladas de paddy processada por ano, a produção da casca de arroz seria de 332 toneladas. Além disso, 15-20% de farelo de arroz é produzido, mas isto tem uma aplicação mais valiosa com ração animal.

### **Potencial de produção de energia**

A opção mais apropriada para conversão da casca de arroz em eletricidade seria através da gaseificação. Com base em 332 toneladas de casca de arroz e uma taxa de conversão de 1,8 kg/kWh, o potencial de produção anual de eletricidade usando um gaseificador seria de 179 MWh, isto é, três vezes mais do que é consumido. O consumo total de casca de arroz cobrindo a demanda de eletricidade seria cerca de 90 toneladas.

Notas:

- A forma que maior clareza oferece para operar um gaseificador seria usá-lo juntamente com um grupo Diesel existente. Dessa forma, cerca de 70% de Diesel pode ser reduzido e o consumo da casca de arroz seria de aproximadamente 63 t/a.
- Como se referiu acima, cerca de metade do Diesel consumido é para a secagem do arroz. Faria todo o sentido investigar as possibilidades de operar os secadores com a casca de arroz. Na base de MJ-para-MJ o consumo anual da casca de arroz seria de cerca de 63 t/a.

### **Análise económica**

A Tabela 24 seguinte apresenta a análise económica para os dois casos: um caso de duplo combustível com um pequeno gaseificador reduzindo cerca de 70% de consumo de Diesel dos grupos Diesel existentes, e um gaseificador maior com gerador a gás a 100% que produziria toda a eletricidade. Note que o último sistema também cobriria as cargas de ponta.

**Tabela 24: Análise económica de eletricidade a partir da casca de arroz na Agrogeba**

	Unidade	Duplo combustível	100% gás	Observações
Sistema de potência (bruta)	kWe	20	40	
Investimento	EUR	60,000	130,000	100% gás inclui gerador
		35,000	50,000	De acordo com a demanda de eletricidade
Produção anual (líquido)	kWh/a			
Poupanças de Diesel	EUR/a	14,000	20,000	70% resp 100% @ 1 EUR/l
Custos de O&M	EUR/a	5,400	8,900	5% de investimento + 10 EUR/d staff
Rendimento líquido anual	EUR/a	8,600	11,100	
Período de retorno	anos	7.0	11.7	
Custos de produção	EUR/kWh	0.410	0.565	O&M, depreciação ao longo de 10 anos, e 8% taxa de juro em um empréstimo de 10 anos

Os cálculos mostram um período de retorno menor para o sistema de duplo combustível. Isto se deve, essencialmente, ao maior custo de investimento do sistema maior, provocado pela necessidade para um sistema maior (cobertura de cargas de ponta) e pela necessidade de um gerador a gás. Esses custos maiores também resultam em maiores custos de manutenção.

### **Requisitos técnicos**

Os seguintes principais componentes da instalação seriam necessários:

- Gaseificador de casca de arroz com capacidade para operar em combinação com um grupo gerador a Diesel de 30 kWe. Note que a capacidade não deva ser muito alta, para que se possa fornecer também baixas cargas durante períodos de secagem
- Lagoa de arrefecimento
- Ligação ao gerado a Diesel existente
- Pequeno armazenamento para casca de arroz (aproximadamente 15 toneladas = 75m<sup>3</sup>)

### **Riscos**

O principal risco que pode ser identificado é o relacionado com o mal funcionamento do sistema. Visto que não existe um serviço de assistência técnica, isto resultaria em períodos de paralisação prolongados do gaseificador. No entanto, desde que exista um sistema alternativo de potencia, isto não afetará a produção da fábrica.

### **Oportunidade**

Uma vantagem adicional em empreender um projeto de gaseificador (pequeno) no país é que criará oportunidades de testar outras matérias-primas, por exemplo, casca de caju (desengordurada), aparas de madeira e casca de palmiste. Isto, por sua vez, pode ajudar o desenvolvimento de tais projetos em todo o país. A condição é que o gaseificador é adequado para esses tipos (que não seja a casca de arroz) de biomassa.

## **6.8 Central de Bafatá**

Sr. Domingo Gomes y Amta  
Tel. 5832406/690821  
GPS 12°09'38.213"N 14°39'21.510"W

### **Introdução**

A Central de Bafatá foi construída em 1983. Inicialmente, albergava 7 geradores, e encontrava ligada a uma rede de MT. Hoje, existe um grupo gerador a Diesel (Volvo 2002) que normalmente funciona, e um grupo gerador de baixa velocidade de 790 kVA (fabrico Soviético, 1981). A Central é propriedade e é operada pelo Ministério de Energia e Indústria.



**Figura 35: Gerador a Diesel de 450 kVA em Bafatá**



**Figure 36: Instalações da Central de Bafatá**

Existem também 3 operadores privados a fornecer eletricidade em Bafatá: um com a capacidade de 250 kVA (350 clientes) outro com 80 kVA (70 clientes) e um terceiro com 40 kVA (50 clientes).

### ***Produção de energia***

As horas normais de funcionamento são das 19:00 às 05:00. De momento, existem 350 clientes ligados, particularmente casas e pequenas lojas. A carga de ponta, como mostrado nos diários, é de aproximadamente 220 kVA, a carga ativa média foi calculada como sendo 175 kWe (aproximadamente 50% da capacidade instalada), elevando-se a produção diária a 1.750kWh (eletricidade produzida, não medida). O consumo de Diesel foi referido como sendo 55 l/h, assim o consumo específico é de 0,31 l/kWh, o que é normal para essa carga. O consumo diário de Diesel é assim de aproximadamente 550 litros por dia.

### ***Disponibilidade de biomassa***

Uma forma relativamente direta de usar a biomassa para produção de eletricidade seria usar o gás produzido<sup>21</sup> nos geradores a Diesel existentes, reduzindo assim o consumo de Diesel. Reduzirá a capacidade do gerador em aproximadamente 10-20% mas com as informações da carga de ponta, isto não deverá ser um problema.

Existem duas fontes principais de casca de arroz nas proximidades direta da central: Agrogeba (aproximadamente 8 km) e Camposa (aproximadamente 5 km). A disponibilidade da casca de arroz em Agrogeba depende da utilização da fábrica; caso não usem a casca de arroz, teriam 322 t/a disponíveis, no entanto, se tiverem que cobrir a demanda de eletricidade e calor, teriam 170 t/a disponíveis. A produção de Camposa seria de 60-80 t/a. O total da casca de arroz disponível seria na faixa de 230-400 t/a.

### ***Potencial de produção de energia***

A uma taxa de conversão de 1,8 kg/kWh, as quantidades indicadas de casca de arroz podem produzir aproximadamente 127-222 MWh/a de eletricidade, ou 387-673 kWh/d ao longo de um período de 330 dias por ano. Isto representa 22-38% do total da eletricidade produzida, o que está bem dentro da faixa de operação de combustível duplo. A redução de Diesel seria também na mesma faixa de grandeza.

A uma taxa média de carga do gaseificador de 90% e 9 horas por dia de operação, a capacidade do gaseificador seria aproximadamente 50-85 kWe (90-150 kg/h de consumo de casca de arroz).

### ***Análise económica***

A Tabela 25 seguinte mostra a análise económica de dois tipos de gaseificadores, ambos operando na configuração de duplo combustível usando um gerador a Diesel de 450 kVA. Os custos de manuseamento e transporte da casca de arroz são definidos a 10 EUR/t.

---

<sup>21</sup> Usar o biogás também é uma opção, isto pode ser produzido de estrume de animais disponíveis em aldeias próximas das centrais. Porém, a recolha e o transporte de estrume tornaria o biogás uma opção relativamente onerosa em comparação com gaseificação de palha de arroz.

**Tabela 25: Análise económica de produção de eletricidade a partir da casca de arroz na central de Bafatá**

	Unidade	Pequeno	Grande	Observações
Sistema de potência (bruto)	kWe	50	85	Apenas o gaseificador
Investimento	EUR	120,000	170,000	Apenas o gaseificador (instalado)
Poupanças de Diesel	EUR/a	36,143	62,857	@ 1 EUR/l
	EUR/a			5% de investimento + 10EUR/d
Custos de O&M		9,600	12,100	peçoal
Custos de casca de arroz	EUR/a	2,300	4,000	20 EUR/t
Rendimento anual líquido	EUR/a	24,243	46,757	
Por Período de Retorno	Anos	4.9	3.6	
Custos de produção	EUR/kW h	0.223	0.186	O&M, depreciação ao longo de 10 anos, e taxa de juro de 8% em um empréstimo de 10 anos

Os cálculos mostram períodos de retorno inferior a 5 anos em ambos os casos, com uma clara vantagem de escala para a opção maior.

#### **Requisitos técnicos**

Os seguintes principais equipamentos da instalação são necessários:

- Gaseificador de casca de arroz com uma capacidade elétrica de 85 kWe (150 kg/h de capacidade)
- Lagoa de arrefecimento
- Ligação ao gerador a Diesel existente
- Pequeno armazenamento para casca de arroz (aproximadamente 80 toneladas = 40 m3)

#### **Riscos**

Os principais que podem ser enfrentados são os seguintes:

- Mal funcionamento do sistema, podendo resultar num período de paralisação prolongado do gaseificador. Com a presença de potência alternativa, a produção de eletricidade seria contínua.
- Disponibilidade da casca de arroz: dependência das fontes de casca de arroz disponíveis de dois fornecedores cria um risco de dependência – podendo resultar em preços elevados – ou escassez de fornecimento, por exemplo, quando o processamento de arroz for baixo, ou a casca é usada para outras aplicações (incluindo para produção da própria energia).

## **6.9 Processamento de caju de ARREY**

Sr. George Arrey / Mr. Josep Arrey

[jordiarrey@grupoarrey.com.br](mailto:jordiarrey@grupoarrey.com.br)

GPS 12°09'26.268"N 15°43'04.155"W



**Figura 37: ARREY Fábrica de processamento de caju em Bula**



**Figura 38: Gerador a Diesel de 100 kVA em ARREY**

### ***Introdução***

A instalação de processamento de caju em Bula – anteriormente Processamento de Caju de Intanha – é propriedade de uma companhia Brasileira. Iniciou operações em 2015 e depois foi completamente remodelada e equipada com equipamentos de produção Brasileiros. A instalação tem capacidade aproximada de 3.500 t/a de castanha de caju bruta. Considerando que a instalação acabou de arrancar as operações, desconhecem-se até que ponto está a produzir e a capacidade nominal.

### ***Demanda de energia***

Não existem dados sobre a demanda de energia da instalação de processamento. A instalação é altamente mecanizada e inclui um grande número de motores na faixa de 0,5 – 10 kW. A soma de todas as capacidades individuais é de 450 kW, a de acordo com o proprietário, a máxima carga é aproximadamente 250 kW com ligeiras flutuações. Assume-se que a carga média é cerca de 200 kW, o que, ao longo de 9 horas por dia, consumiria 1.800 kWh/d. Durante 6 dias por semana, e 10 meses por ano, o consumo anual seria de 468 MWh/a.

Parte da casca de castanha de caju é usada para a produção de calor, para aquecimento de óleo no qual as cascas são torradas antes de descasque. Estima-se que a quantidade seja 10% do total das cascas geradas, o que corresponde a 3.800 GJ/a de energia primária. A potência média do sistema de aquecimento seria aproximadamente de 300 kWt.

A demanda da eletricidade na zona é essencialmente na cidade de Bula, cerca de 7 km da fábrica; existem várias pequenas comunidades mais próximas mas a demanda será de apenas alguns kW. Bula tem cerca de 1.000 agregados familiares; com metade deles ligados, consumindo 1 kWh/d durante as horas noturnas, o consumo diário seria cerca de 500 kWh/d; carga média seria de aproximadamente 80 kWe.

### ***Disponibilidade de biomassa***

A companhia Arrey referiu que as taxas de produção de casca de castanha de caju se situam em 200 toneladas por mês. Assumindo uma produção durante 10 meses ao ano, a produção total anual seria de 2.000 t/a. Considerando que 10% será usada na produção de calor, a quantidade disponível para produção de eletricidade será de 1.800 t/a.

### ***Potencial de produção de energia***

Estima-se que o poder calorífico líquido da casca de castanha de caju seja de 19 MJ/kg. A energia primária disponível é 34.200 GJ/a.

O potencial de potencial de eletricidade depende grandemente da tecnologia escolhida:

- Com a tecnologia de máquina a vapor, com uma eficiência líquida de 5%, a casca disponível pode produzir 475 MWh/a. Isto seria o suficiente para cobrir a demanda de eletricidade da fábrica de processamento de caju. A potência média líquida durante as horas de operação seria 203 kWe. Potência bruta necessária seria de 250-300 kWe.
- Com a tecnologia de gaseificação, com uma eficiência líquida de 15%, a casca disponível pode produzir 1.425 MWh/a, cerca de três vezes mais do que o consumo da fábrica e mais do que duas vezes a demanda da fábrica e a cidade de Bula.

Gaseificação pode ser feita em diferentes escalas e configurações. Será possível cobrir toda a demanda de eletricidade da fábrica com um sistema de 250-300 kWe incluindo um grupo gerador a gás. A desvantagem é que tal sistema não funcionaria muito bem a baixa carga, isto é, aos 80 kW exigidos em Bula. Para que se possa produzir energia para a cidade, uma segunda instalação de gaseificação seria possivelmente uma melhor opção; também não seria necessário uma linha de MT entre a fábrica e a cidade.

É ainda possível operar um gaseificador em combinação com um gerador a Diesel, no modo de duplo combustível. Nesse caso, seria um gaseificador de 150 kWe de capacidade, ou um pequeno (por exemplo, um grupo de 50 kWe reduzindo o consumo Diesel em 25%).

Note que não existe muita experiência com gaseificação de casca de caju, tornando assim o projeto experimental/inovador/arriscado.

### ***Análise económica***

A Tabela 26 seguinte apresenta as análises económicas para diversas opções para produção de eletricidade com casca de caju na fábrica de Bula:

- Tecnologia de máquina a vapor
- Gaseificador pequeno em combinação com gerador a Diesel existente, substituindo 25% de Diesel
- Gaseificador grande em combinação com gerador Diesel existente, substituindo 70% de Diesel
- Gaseificador grande com gerador a gás, produzindo toda a eletricidade para a fábrica de Bula e cidade de Bula (infraestrutura não incluída)
- Gaseificador grande com gerador a gás, produzindo toda a eletricidade para a fábrica de Bula

**Tabela 26: Análise económica de produção de eletricidade na fábrica de processamento de caju em Bula**

	Unidade	vapor	Gaseific. pequeno	Gaseific. grande	Gaseific. grande só gás	Gaseific. grande com Bula	Obs.
Potência	kW	267	50	150	267	267	
Custo investimento	EUR	666,667	104,279	225,000	466,667	466,667	Custo investimento
Produção	MWh/a	468	117	328	468	635	Produção
Poupança Diesel	EUR/a	149,760	37,440	104,832	149,760	149,760	@ 0.32 EUR/kWh
Venda eletricidade	EUR/a	-	-	-	-	33,367	@ 0.20 EUR/kWh
Receita total	EUR/a	149,760	37,440	104,832	149,760	183,127	
O&M	EUR/a	36,933	8,814	14,850	26,933	50,267	5% de investimento + 10EUR/d
Receita líquida	EUR/a	112,827	28,626	89,982	122,827	132,860	
Período retorno	a	5.9	3.6	2.5	3.8	3.5	Período de retorno
Custos produção	EUR/kWh	0.291	0.208	0.148	0.206	0.189	O&M, depreciação durante 10 anos, taxa de juro 8% em um empréstimo de 10 anos

A tabela mostra que os sistemas de gaseificação têm a vantagem sobre as instalações de máquinas a vapor, em termos de custos de investimentos e período de retorno. Projetos em combinação com um motor a Diesel parecem os mais atrativos, mesmo uma unidade cobrindo apenas 25% das necessidades de eletricidade.

#### **Requisitos técnicos**

Os seguintes principais equipamentos da central serão necessários para uma unidade de gaseificação operando em combinação com um gerador a Diesel:

- Unidade gaseificador adequada para casca de castanha de caju, com capacidade elétrica de 150 kWe (capacidade de processamento de 190 kg/h de casca de caju) / 50 kWe (65 kg/h)
- Lagoa de arrefecimento
- Ligação ao gerador a Diesel existente

#### **Riscos**

O principal risco que pode ser identificado é o mal funcionamento do sistema; particularmente, com a experiência limitada de gaseificação de casca de castanha de caju. Visto que não existe um serviço de assistência técnica, em caso de avarias, isto pode resultar em paralisação prolongada do gaseificador. No entanto, desde que exista uma fonte de potência alternativa à central, isto não afetará a operação da fábrica de processamento.

#### **Oportunidade**

Uma vantagem adicional em empreender um projeto de gaseificador (pequeno) no país é que criará possibilidades de testar outras matérias-primas, por exemplo, casca de arroz, aparas de madeira e casca de palmiste. Isto, por sua vez, pode ajudar o desenvolvimento de tais projetos em todo o país. A condição é que o gaseificador é adequado para esses tipos de biomassa.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 7.1 Conclusões

- Os principais recursos de biomassa (excluindo a lenha) produzidos na agricultura e processamento agrário na Guiné-Bissau são apresentados na Tabela 27 seguinte:

**Tabela 27: Recursos de biomassa na Guiné-Bissau**

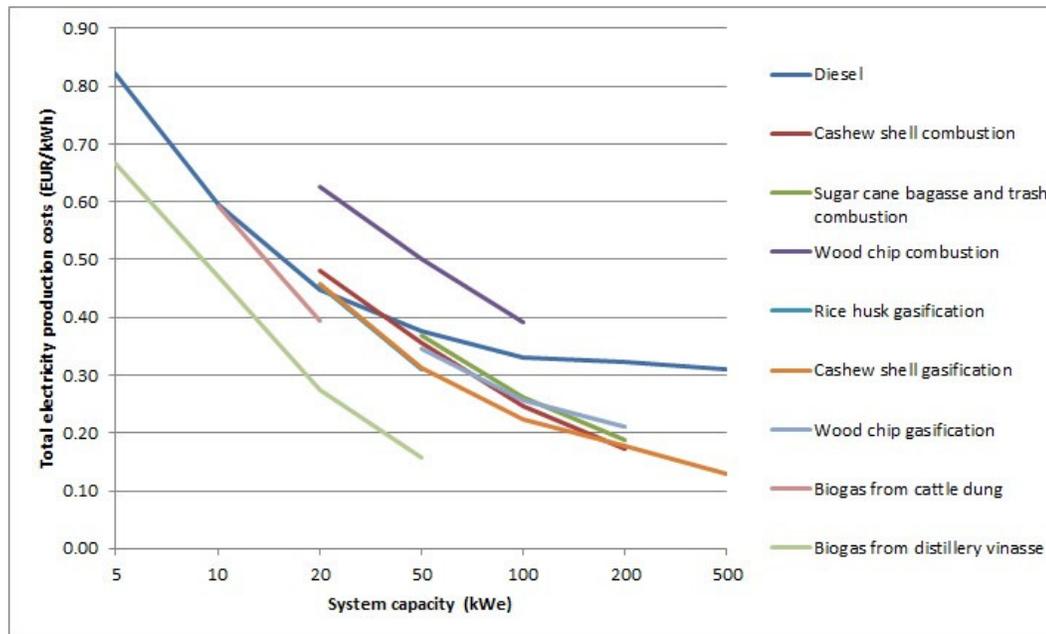
Produto primário	Produção (t/a)	Sub produto	Produção (t/a)	Escala típica (t/a)
Castanha caju bruta	180,000 processado 6,000	Falso fruto caju	504,000	pequeno
		Casca castanha caju	3,675	200-2,000
		CNSL	750	<300
Arroz	bruto 200,000 Líquido 120,000	casca de arroz	26,400	<300
		Palha de arroz	120,000	pequeno
Fruta de palma	80,000	Resíduos sólidos	44,000	pequeno
		Água residual palma	80,000	pequeno
		Casca palmiste	30,000	pequeno
amendoim	46,000	Casca	22,080	pequeno
		Palha	105,800	pequeno
		Bagaço	30,000	1,500
Aguardente	2,750	Palha de cana	5,000	250
		Vinhaça	15,000	750
		Estrume	1,176,000	<1,000
Gado (cabeças)	1,600,000	Resíduos florestais	4,103	200-1,400
Madeira / serração (m³)	6,400	Aparas de madeira	4,014	200-1,400
		Serradura	1,338	100-500

- A produção de eletricidade teórica e imediata desses recursos de biomassa é apresentada na Tabela 28 seguinte. Combustão de bagaço de cana-de-açúcar e palha de cana-de-açúcar produzido no sector da destilaria representa o maior potencial imediato (5,1 GWh/a), seguido de aparas de madeiras para gaseificação (2,3 GWh/a), biogás de estrume de gado (1,5 GWh/a) e gaseificação de casca de caju (1,4 GWh/a).
- Combustão de palha de arroz, biogás de estrume animal e falso fruto de caju, e gaseificação de casca de palmiste e casca de arroz mostram o maior potencial teórico. A principal barreira prática ao desenvolvimento desses recursos é que as escalas são pequenas e as produções dispersas.
- Os custos (totais) estimados de produção das opções com potencial imediato são mostrados na Figura 39 seguinte. As opções de biogás (pequena escala) são competitivas na produção de potência baseada no Diesel; combustão de aparas de madeira não é, devido aos altos custos alternativos das aparas de madeira. As outras opções (combustão e gaseificação) são geralmente a par com Diesel numa faixa de baixa escala, mas mais económicos numa escala maior.

**Tabela 28: Potencial teórico e imediato de produção de eletricidade a partir de biomassa na Guiné-Bissau**

	Potencial teórico (GWh/a)	Potencial imediato (GWh/a)	(MWe)	Faixa de Escala (kWe)
<i>Combustão casca caju</i> <sup>a</sup>	1.1	1.1	0.43	20-200
Combustão de bagaço e palha de cana-de-açúcar	5.1	5.1	1.87	50-200
<i>Combustão de apara de madeira</i> <sup>a</sup>	0.7	0.7	0.28	20-100
Gaseificação de casca de arroz	14.7	0.2	0.08	20-50
Gaseificação de casca de caju	2.4	1.4	0.50	20-500
Gaseificação de apara de madeira	2.3	2.3	0.90	50-200
Biogás de estrume de gado	49.0	1.5	0.97	10-20
Biogás de vinhaça de destilaria	0.3	0.3	0.12	5-20
Líquido de casca de castanha de caju	2.7	-	-	-
Combustão de palha de arroz	48.0	-	-	-
Gaseificação de casca de palmiste	22.5	-	-	-
Gaseificação de casca de amendoim	6.2	-	-	-
Biogás de água residual de óleo de palma	3.3	-	-	-
Biogás de falso fruto de caju	41.0	-	-	-
<b>Total</b>	<b>197.5</b>	<b>10.8</b>	<b>4.44</b>	<b>5-500</b>

Notes: <sup>a</sup> não incluído no total para evitar duplicação na contagem de opções de gaseificação



**Figure 39: Custos de produção de eletricidade de biomassa**

- Para além da mencionada pequena escala e dispersão da produção de alguns recursos de biomassa na Guiné-Bissau, as principais barreiras que foram identificadas incluem irregularidade de fornecimento de biomassa, acesso à tecnologia e serviço de assistência técnica limitados, estado da infraestrutura elétrica, fraca sensibilização, capacidade de

desenvolvimento de projetos limitada, altos custos de investimentos, difícil acesso ao financiamento e ausência de quadro institucional forte e eficaz.

6. Modelos de suporte que podem melhorar as condições para projetos de produção de eletricidade a partir de biomassa incluem suporte de desenvolvimento de projeto, suporte de seguimento de curto e médio prazo, garantia de retorno justo da eletricidade fornecida à rede, melhoria de acesso ao capital de investimento e ofertas de medidas de redução de risco aos investidores (por exemplo, garantias de desempenho, garantias de pagamento).
7. A central elétrica de Safim tem um sistema de turbina a vapor, que se pretende que seja usado com casca de castanha de caju. Foi instalada em 2012 mas não se encontra operacional porque o acesso à rede local não foi possível ser negociado com o concessionário. Outras barreiras incluem problemas técnicos com a caldeira, resultado num excessiva produção de fumo, fraca eficiência da central e distante de potenciais fontes de biomassa. As estimativas de custo de produção são elevadas.
8. A central elétrica de SICAJU de biomassa de caju (Bissau) tem uma caldeira alimentada por casca de caju e uma máquina a vapor de fabrico Brasileiro. A central foi instalada em 2007 e funcionou bem durante dois anos e depois a máquina de vapor avariou-se. A caldeira continua operacional. Espera-se que o sistema retome a produção com a vinda de um engenheiro do fabricante para efeitos de reparação, e, assim, continuar a produzir eletricidade e calor para a fabrica de processamento de caju e companhias vizinhas.
9. Uma segunda máquina a vapor alimentada por casca de castanha de caju foi fornecida de Brasil 2007, mas essa central nunca chegou a ser instalada. Foi encontrada em Safim; o atual proprietário deseja pô-la funcional com bagaço, produzindo eletricidade para a rede de Safim e aquecimento da sua destilaria. Uma avaliação detalhada do estado dos equipamentos por um técnico do fabricante, incluindo instruções de instalação e operação no bagaço será necessária.
10. Lições aprendidas dos três projetos incluem que o conhecimento e experiência limitados no desenvolvimento de projetos podem conduzir à escolha incorreta de tecnologia, escala, localização da central/fábrica; ausência de serviço de assistência técnica e garantias podem levar a central/fabrica a cair em desuso depois de ocorrência de problemas técnicos; e o fraco compromisso do proprietário do projeto pode levar o projeto a ser abandonado durante o período de implementação.
11. A Tabela 29 a seguir lista os projetos de biomassa em 6 locais que podiam ser considerados para desenvolvimento.

12. Tabela 29: Visão geral da série de projetos para desenvolvimento

Projeto	Local	Tipo de projeto	Capacidade (kW)	Produção (kWh/a)	Investimento (EUR)	Período retorno (a)
Destilaria Barros	Bissau	Combustão bagaço	130	520,301	430,000	4.6
Destilaria Barros	Bissau	Biogás vinhaça	40	119,531	97,000	4.6
Destilaria Jugudul	Jugudul	Combustão bagaço	20	29,900	60,000	4.5
			128			
Destilaria Jugudul	Jugudul	Biogás vinhaça	<sup>a</sup>	1,620 <sup>b</sup>	12,000	9.5
Destilaria Quinhamel	Quinhamel	Combustão bagaço	70	112,750	297,000	5.9
Destilaria Quinhamel	Quinhamel	Biogás vinhaça	76 <sup>a</sup>	1,750 <sup>b</sup>	10,000	6.9
AGROGEBA	Bafatá	Gaseificação de casca de arroz	20	35,000	60,000	7.0
Central elétrica Bafatá	Bafatá	Gaseificação de casca de arroz	85	188,571	170,000	3.6

## 7.2 Recomendações

1. De imediato, as máquinas a vapor existentes nas centrais da Guiné-Bissau podem beneficiar de assistência técnica da missão do técnico da Benecke; a instalação de SICAJU pode retomar as operações e a instalação de Noba Sabi em Safim podem ser planeada. No entanto, recomenda-se que se assegure que a instalação de processamento de SICAJU fique operacional antes do planeamento da missão. Também, as negociações entre Noba Sabi e Agrosafim (concessionários da rede em Safim) sobre a ligação na rede devem iniciar.
2. A respeito da missão de assistência técnica, um programa de formação para operadores e outros especialistas no país deve ser ponderado para que se possa criar expertise técnica necessária a fim de resolver problemas futuros.
3. Adicionalmente, recomenda-se que se proceda com mais desenvolvimentos da série de projetos, particularmente, os estudos de viabilidade sobre a produção de eletricidade a partir de casca de caju na instalação de processamento de caju de Arrey e a gaseificação de casca de arroz em AGROGEBE em Bafatá.
4. O sector das destilarias mostra grandes oportunidades de desenvolvimento de produção de eletricidade a partir de biomassa, de vinhaça e (especialmente) do bagaço e palha da cana. Recomenda-se avaliações adicionais neste sector, incluindo a verificação da produção anual, o uso de energia e as propriedades da vinhaça (pelo menos COD, sólidos, conteúdos de carbono e azoto).
5. Identificação de projetos de biogás nas regiões de Bafatá ou Gabu. Nessas regiões existem grandes quantidades de animais, incluindo proprietários de grandes rebanhos (> de 1000 cabeças); devem existir grandes localidades onde a demanda de energia (para casas e sector produtivo, por exemplo, fábrica de arroz) possa ser satisfeita com o biogás de estrume de animais. A escala adequada seria na ordem de 10-20 kW (~50-100 casas), a serem alimentadas por estrume de aproximadamente 500 cabeças.
6. Para projetos que cheguem a fase de implementação, recomenda-se que inclua períodos de monitorização mais longos, desenvolvimento de protocolos de motorização e assegurar recolha, análise e disseminação regular dos resultados de projeto. Essas atividades podem ser executadas, por exemplo, pelo ECREEE e o Ministério de Energia e Indústria.

## Referências

Adigbli K.E. (2012) Sénégal: Le village de Kalom se dote d'une centrale électrique à base de résidus végétaux. <http://www.nextafrique.com/innovation/agriculture-bioenergie/2052-senegal-le-village-de-kalom-se-dote-d-une-centrale-electrique-a-base-de-residus-vegetaux>, last accessed 21 July 2015.

Akinhanmi T.F., Atasié V.N. and Akintokun P.O. (2008) Chemical Composition and Physicochemical Properties Of Cashew nut (*Anacardium occidentale*) Oil and Cashewnut Shell Liquid.

Alberto Tsamba, A., Yang W. and Blasiak W. (2006) Pyrolysis characteristics and global kinetics of coconut and cashew nut shells.

ANCA (2015) Personal communication with Dr. Mario Pereira Batista Djop and Mr Adoulai So of ANCA, 10 June 2015.

Baez-Smith C. (2006) Anaerobic Digestion of Vinasse for Production of Methane in the Sugar Cane Distillery.

Balde D., Embalo A., Embalo A.I., Roberto F. and Balde A. (2015) Personal communications with Messrs. Dadina Balde (president), Aliu Embalo (vice-president), Aledje Iaia Embalo (secrétaire), Filomeno Roberto (Contibuel branch) and Aliu Balde (vet), Association des Eleveurs de Bafata, 11-12 June 2015.

Bhoi P.R., Singh R.N., Sharma A.M. and Patel S.R. (2005) Performance evaluation of open core gasifier on multi-fuels.

Bioenergyconsult (2015) Rice Straw As Bioenergy Resource. Last accessed 01 July 2015. <http://www.bioenergyconsult.com/rice-straw-as-bioenergy-resource/>

CABIRA/BCP (2013) Etude du plan Directeur Energie et d'un plan de développement des infrastructures pour la production et distribution d'électricité: rapport définitif du potentiel énergétique.

Cardochem (2015) Cashew Shell Cake. Overview of cashew shell cake properties. <http://www.cardochem.com/cscake.html> accessed on 26 June 2015.

Cerqueira L., Edey L.A., Wegener M.K., Scarpere F. and Renouf M.A. (2013) Optimising Sugarcane Trash Management for Biofuels Production in Australia and Brazil.

Chamy, R. (2004) Project for the electrical cogeneration in a distillery industry: Capel case <http://www.bioenergy-lamnet.org/publications/source/chile/WG1-6-LAMNET-Chile-1104-Chamy.pdf>.

Correia, F. (2015) Personal communication with Mr. Florentine Correia, DG Elevage, 08 June 2015.

De Amarante, T. (2015) Personal communication with Mr. Travares de Amarante, DG Agriculture, 4 June 2015.

De Silva, J.A. (2015) Personal communication with Mr. Joao Antonio de Silva, coordinator of PURSEA/PUASSE/PATSIE projects (World Bank), 3 June 2015.

Djata, H. (2015) Personal communication with Dr Hipolito Djata, DG Forets et Chasse, 2 June 2015.

EAGB (2015) Personal communication with EAGB Bissau technical management, 9 June 2015.

ECREEE (2013) Study report on novel bioenergy crop potential in the ECOWAS region.

España-Gamboa E.I., Mijangos-Cortés J.O., Hernández-Zárate G., Domínguez Maldonado J.A. and Alzate-Gaviria L.M. (2012) Methane production by treating vinasses from hydrous ethanol using a modified UASB reactor.

FAOSTAT (2015) FAOSTAT database, last accessed 30 June 2015. <http://faostat.fao.org>

FAO (1990) Energy conservation in the mechanical forest industries. <http://www.fao.org/docrep/t0269e/t0269e00.htm#Contents>.

FAO (2007) Factsheet: rice & climate change. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Rice/rice\\_fact\\_sheet.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Rice/rice_fact_sheet.pdf).

Franco H.C.J., Pimenta M.T.B., Carvalho J.L.N., Magalhães P.S.G., Rossell C.E.V., Braunbeck O.A., Vitti A.C., Kölln O.T. and Neto J.S. (2013) Assessment of sugarcane trash for agronomic and energy purposes in Brazil.

Frederiks B. (2015) Support to Renewable Energy Sector of SNV DRC (unpublished).

Ghani W.A.W.A.K., Moghadam R.A., Salleh M.A.M. and Alias, A.B. (2009) Air Gasification of Agricultural Waste in a Fluidized Bed Gasifier: Hydrogen Production Performance.

Global Timber (2015) Imports of logs from Guinea-Bissau declared by China. Last accessed 07 July 2015. <http://www.globaltimber.org.uk/guineabissau.htm>.

Gomes y Amta, D. (2015) Personal communication with Mr. Domingo Gomes y Amta, Bafata power plant manager, 12 June 2015.

Hassuani S.J., Lima Verde Leal M.R. and de Carvalho Macedo I. (2005) Biomass power generation - Sugar cane bagasse and trash.

Intanha (2015) Personal communication with Mr. Martinho Arrogeiro, owner of Intanha cashew processing company, 8 June 2015.

Jackson H.L. & E.J. Mtengeti (2005) Assessment of animal manure production, management and utilization in Southern Highlands of Tanzania.

Jenkins B.M., Baxter L.L. , Miles jr T.R. and Miles T.R. (1998) Combustion properties of biomass.

Kyle, S. (2015) Rice Sector Policy Options in Guinea Bissau - Working Paper. Cornell University, Ithaca, New York USA.

Liu Z., Xu A. and Zhao T. (2011) Energy from Combustion of Rice Straw: Status and Challenges to China.

MADER/GPSCA (2002) Cashew Apple Brandy: preliminary business plan. Downloaded from <http://www.anacardium.info/IMG/pdf/cashewapple.pdf>.

Morrison A.K. and Heijndermans E. (2013) Palm Kernel Oil Production Process Characterization.

MARVEMEC (2015) Personal communication with Mr. Pedro Batista, owner of MARVEMEC, 1 June 2015.

Nova Sabi (2015) Personal communication with representatives from Nova Sabi in Safim, 9 June 2015.

NOVIS (2015) Inauguration of the project "Stadtwerke schaffen Dorfwerke" in Kalom, Senegal. <http://www.novis.de>, last accessed 21 July 2015.

Pachero de Carvalho, B.R. and Mendes, H.M. (2015) Cashew Chain Value in Guiné-Bissau: Challenges and Contributions for Food Security (A Case Study for Guiné-Bissau). Downloaded from <http://centmapress.ilb.uni-bonn.de/ojs/index.php/proceedings/article/viewFile/456/451>.

Palvannan V. (2012) Experimental investigation of cashew hut shell liquid as alternative fuel in DI and IDI compression ignition engines.

Phyllis (2015) ECN Database for biomass and waste. Last accessed 01 July 2015. <https://www.ecn.nl/phyllis2/>

Prasada S.A.R. (2014) A Review on CNSL Biodiesel as an Alternative fuel for Diesel Engine.

Radhakrishnan S., Thamodharan C. and Senthilnathan N. (2014) Evaluating performance and emission characteristics of C.I. engine run by cashew nut shell liquid (CNSL) as a Fuel.

Raimundo C., Raul J.A., Clavin M.F. (2014) Creation of an enabling environment for small to medium scale renewable energy investments in the electricity sector. Pre-Feasibility Study: GCAII, Bula Cashew Processing Plant.

Rajeesh S., Prakash S.V., and Kulkarni, G.V. (2014) Performance Analysis of Diesel Engine Using Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) Biodiesel and Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) blended with ethanol as a alternative fuel.

Ramanan M.V. (2008) Some studies on cashew nut char and dual fueling of cashew shell char based producer gas.

Raul, J.A. (2015) Personal communications with Mr. Julio Antonia Raul, Director of Renewable Energy at the Ministry of Energy and Industry, 1-13 June 2015.

Rodrigues F.H.A., Franca F.C.F., Souza J.R.R., Ricardo N.M.P.S. and Feitosa, J.P.A. (2011) Comparison between physico-chemical properties of the technical Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) and those natural extracted from solvent and pressing. *Polímeros* [online]. 2011, vol.21, n.2, pp. 156-160. Epub May 13, 2011. ISSN 0104-1428. [http://www.scielo.br/pdf/po/v21n2/AOP\\_0737.pdf](http://www.scielo.br/pdf/po/v21n2/AOP_0737.pdf).

Said M.M., John G.R., Mhilu C.F. and Manyele S.V. (2014) Analysis of Pyrolysis Kinetic and Energy Content of Agricultural and Forest Waste.

Shrestha, R.B. and Alenyorege B. (2008) Physical Feasibility of Domestic Biogas in the Upper East Region of Ghana: A report prepared for SNV Ghana, Northern Portfolio.

SICAJU (2015) Personal communication with Mr. José Rodrigues Santy, manager of the SICAJU cashew processing company, 10 June 2015.

Singh R.N., Jena U., Patel J.B., Sharma A.M. (2005) Feasibility study of cashew nut shells as an open core gasifier feedstock.

Sivakumar S., Venkatachalam R., Nedunchezian N., Sivakumar P. and Rajendran P. (2014) Processing of cashew nut shell and feasibility of its oil as bio fuel in compression ignition engine.

SNV (2014) Personal communication with Mr. Erik Boonstoppel and Mr. Fernandez Adikpeto of SNV Burkina Faso, 29 August 2014 and 02 September 2014.

Solanki & Bhatti (2012) Observing performance of Cashew Nut Shell Liquid as fuel and study of its emission characteristics.

Stahl R. and Ramadan A.B. (2007) Fuels and Chemicals from Rice Straw in Egypt.

TESE (2015) Personal communication with Ms. S. Dourado of TESE (Bafata), 12 June 2015.

Tsamba A.J. (2008) Fundamental study of two selected tropical biomass for energy: coconut and cashew nut shells. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:25243/FULLTEXT01.pdf>.

Uamusse M.M., Persson K.M., Tsamba A.J. (2014) Gasification of Cashew Nut Shell Using Gasifier Stove in Mozambique.

UNIDO (2014) Promoting investments in small to medium scale renewable energy technologies in the electricity sector: Request for GEF CEO Endorsement (unpublished).

USDA (2015) Rice production data for Guinea Bissau, last accessed on 01 July 2015. <http://www.agrochart.com/en/usda/section/14/rice/country/113/guinea-bissau/attribute/180/rough-production/>.

Velmurugan A. and Loganathan M. (2011) Performance and Emission Characteristics of a DI Diesel Engine Fuelled with Cashew Nut Shell Liquid (CNSL)-Diesel Blends.

Venture Renewables (2015) cashew nut. Description of cashew nut shell attributes. <http://www.venturerenewable.com/our-products/cashew-nut.html> accessed on 26 June 2015.

<http://www.gbissau.org/wp2013/en/blog/2013/08/02/producao-oleo-de-palma/>

[http://issuu.com/imvf/docs/manual\\_oleo\\_palma](http://issuu.com/imvf/docs/manual_oleo_palma)