

## Geração de Energia Elétrica a partir de Biomassa Residual: Projeto de Usina de Gaseificação de Jenipaúba, Abaetetuba, PA

N. P. Souza, PPGEE, P. C. R. Neto, PPGEE, B. C. Brasileiro, PPGEE, R. M. Kühn, PPGEE, R. N. Muniz, PPGEE J. A. S. Sá, PPGCA, B. R. P. da Rocha, CENSIPAM/PPGEE

**Resumo**—Jenipaúba é uma comunidade quilombola localizada no município de Abaetetuba, no Estado do Pará, para a qual se destinou um projeto piloto de abastecimento de comunidades isoladas com energia elétrica gerada a partir do aproveitamento energético de biomassa. A comunidade tem perfil propício para receber esse tipo de projeto, uma vez que dispõe de fartura de combustível, que é a biomassa resíduária gerada pelo despulpamento de açaí - caroços. Uma das principais atividades econômicas locais é a comercialização do açaí, processado ou *in natura*, isso quer dizer que a oferta de biomassa tem acesso fácil e garantido. O objetivo principal do projeto foi integrar uma usina de gaseificação de biomassa à agroindústria local, cujos resíduos gerariam energia suficiente para suprir inteiramente sua demanda energética, que é a maior da comunidade, além de gerar energia excedente, que seria direcionada para alimentar parte das residências e da infraestrutura de iluminação pública da comunidade. O mérito do projeto abriga-se no fato de fomentar o desenvolvimento sustentável local, alavancando a agroindústria, que se encontra parada devido à insuficiência energética do atual esquema de abastecimento de energia elétrica, melhorando a qualidade de vida na comunidade em função do crescimento da oferta interna de energia elétrica, criando um ciclo sustentável de geração e consumo de biomassa e agregando valor a essa matéria prima. Assim, evita-se o acúmulo desses resíduos e, conseqüentemente, problemas ambientais associados, com respeito a vocação local e ao ecossistema ali estabelecido, com uma geração de energia elétrica a partir de fonte renovável num processo sustentável.

**Palavras-chave**—Biomassa, Energias Renováveis, Sistemas Isolados, Gaseificação, Tratamento de Resíduos, desenvolvimento sustentável, Jenipaúba, Pará.

### I. NOMENCLATURA

SIN – Sistema Interligado Nacional. UFPA – Universidade Federal do Pará. SEOP - Secretaria de Estado de Obras Públicas. MEAPA – Metodologias para o Mapeamento de Energias Alternativas no Estado do Pará. INESC – Instituto de Engenharia e Sistemas de Computação de Portugal. IISc – *Indian Institute of Science*.

### II. INTRODUÇÃO

No Brasil, a energia elétrica é majoritariamente produzida por hidrelétricas e, complementarmente, por termelétricas. Essas usinas estão ligadas ao SIN, que leva energia a todas

as regiões do país através de sistemas de transmissão e distribuição. Esses sistemas de geração somam suas produções para suprir as demandas energéticas do país. A estrutura do SIN é caracteristicamente densa nas regiões brasileiras Sul e Sudeste. Na Região Nordeste também está bastante difundido, no entanto na Região Norte e parte da Centro-Oeste, coincidentes com o domínio amazônico, têm infraestrutura muito pobre devido ao difícil acesso das localidades remotas, que têm pelo caminho obstáculos como rios largos e caudalosos, regiões alagadas e mata fechada [1].

A grande maioria das comunidades sediadas na Amazônia não possuem o privilégio de receber energia elétrica do SIN, ficando sem esse recurso ou gerando energia de forma cara e poluente a partir de termelétricas de pequeno porte, usando, normalmente, combustíveis fósseis, como o diesel, encarecendo o processo interno de produção de energia elétrica. Essas comunidades remotas onde a energia é gerada localmente independente do SIN, encaixam-se no perfil dos sistemas elétricos isolados.

Tanto para o problema da falta de abastecimento, quanto para o da dependência de combustíveis fósseis, o aproveitamento energético da biomassa pode ser uma solução, vista a crescente necessidade de eletrificação de comunidades remotas no Brasil e às dificuldades de expansão da rede convencional para essas localidades. Além disso, pode ser um passo para diversificar a matriz energética brasileira, a partir de geração distribuída de pequeno e médio porte, reduzindo a dependência da geração centralizada, aumentando a oferta de energia elétrica no país e desonerando o sistema interligado [2].

Neste sentido, será explorada, neste documento, a tecnologia de gaseificação de biomassa com aproveitamento de resíduos florestais e de cultivo, para microgeração de energia elétrica em uma comunidade amazônica. Nessas localidades, a produção de energia elétrica a partir da biomassa se destaca quando comparada com a geração a partir de outras fontes, sendo até mesmo mais viável do que a energia fornecida pelo SIN.

### III. O PROJETO

#### A. Características da Comunidade de Jenipaúba

Em uma das 60 ilhas fluviais do município Abaetetuba, encontra-se a comunidade quilombola de Jenipaúba, distante 6,5 km da sede do município, com acesso via embarcação em viagem de aproximadamente 15 minutos pelo rio Abaeté. Suas

N. P. Souza, Mestranda do PPGEE-UFPA, Belém, PA, Brasil (e-mail: noemypds@gmail.com).

P. C. R. Neto, Graduado em Engenharia Elétrica pela UFPA, Belém, PA, Brasil (e-mail: pedrocrrn@gmail.com).

B. C. Brasileiro, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (PPGEE-UFPA), Belém, PA, Brasil (e-mail: brubrasileiro@gmail.com).

R. M. Kühn, Mestrando do PPGEE-UFPA, Belém, PA, Brasil (e-mail: ricardomarinokuhl@gmail.com).

R. N. Muniz, Doutorando do PPGEE-UFPA, Belém, PA, Brasil (e-mail: rafael.n.muniz@ieec.org).

J. A. S. Sá, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (PPGCA-UEPA), Belém, PA, Brasil (e-mail: josealbertosa@uepa.br).

B. R. P. da Rocha, Professora do PPGEE-UFPA e pesquisadora do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), Belém, PA, Brasil (e-mail: brigida@ufpa.br).

coordenadas geográficas são: 1° 45' 00" e 1° 45' 36" latitude sul e 48° 53' 24" e 48° 54' 00" longitude oeste, à margem esquerda do Rio Jenipaúba. No que diz respeito às atividades econômicas locais, se destacam, principalmente, o cultivo e a venda de açaí, além também da exploração de macaxeira, milho, cupuaçu e outros frutos florestais, que têm como principais mercados consumidores a sede de Abaetetuba e a região metropolitana de Belém. Outras atividades econômicas também importantes na comunidade são a pesca e a oleria que geram renda através de comercialização de seus produtos [3].

Na figura 1, pode-se observar, em destaque, o município de Abaetetuba, pertencente à microrregião Cameté, que, por sua vez, está contida na mesorregião Nordeste Paraense. O município faz fronteiras com os municípios de Barcarena, Igarapé-Miri e Mojú e possui um trecho de orla, banhada pelo Rio Pará. Sua extensão territorial é de 1.610,6 Km<sup>2</sup>, com aproximadamente 170 mil habitantes, sendo o sétimo mais populoso município do Pará. Suas atividades econômicas tradicionais são agricultura, pecuária, piscicultura, indústria, comércio e serviços voltados para a exploração dos recursos naturais locais, constituindo a dinâmica econômica de suas comunidades, entre elas, Jenipaúba.



Figura 1 - Localização geográfica do Município de Abaetetuba.

### B. Histórico do Projeto

Em setembro de 2005 foi construído um convênio entre a UFPA e o Governo do Estado do Pará através da SEOP, com o objetivo de implantar um projeto piloto de atendimento de demandas energéticas de localidades isoladas a partir do uso de biomassa, denominado "Desenvolvimento de Tecnologias de Produção de Energia Elétrica e Implantação de Unidades Piloto Mediante o Uso de Biomassa para Atendimento da Comunidade Isolada de Jenipaúba".

O projeto visava construir, na comunidade de Jenipaúba, uma usina de gaseificação de biomassa residual de despolpamento de açaí, a principal atividade comercial da comunidade. A usina de gaseificação foi concluída em 2007. Nesse mesmo ano de conclusão, o projeto foi descontinuado, antes mesmo de entrar em operação integral, devido às adversidades no cenário político da época: após a permuta da gestão política ocorrida de 2006 para 2007, o projeto foi estagnado.

A principal causa desse abandono é, fundamentalmente, de ordem política, uma questão que infelizmente se sobrepôs aos valores que a usina de gaseificação, juntamente com a agroindústria, poderia agregar à comunidade. O período de finalização do projeto coincidiu com a troca dos atores políticos, das esferas estadual e federal e os planejamentos

estabelecidos na gestão anterior não estavam de acordo com os do governo posterior, no que se tratava da estratégia de abastecimento de Jenipaúba com energia elétrica. O cenário político a partir de 2007 estava configurado por um alinhamento entre o Governo Federal, Estadual e Municipal, que investiu, dentro do Programa Luz Para Todos, em um suprimento de energia baseado em extensão de rede convencional, tendo sido a comunidade, no próprio ano de 2007, contemplada com uma linha de alta tensão estendida a partir de Abaetetuba. O projeto da usina de gaseificação associada à agroindústria local saiu de foco e foi abandonado, estado no qual se encontra até hoje [3].

O investimento feito no projeto terá sido em vão, caso continue no estado em que está. No entanto, a equipe de pesquisa da UFPA que acompanha este projeto leva em conta a possibilidade de restauro e trabalha em prol dessa iniciativa, no sentido de promover o desenvolvimento sustentável da comunidade e gerar conhecimento em torno da tecnologia de gaseificação, aplicada a sistemas isolados ou a sistemas de geração distribuída de energia elétrica na Amazônia. A comunidade de Jenipaúba já não é mais um caso de sistema isolado, mas não tem autonomia energética para dinamizar a sua economia através de expansão industrial porque a oferta de energia para lá dedicada é insuficiente, além de possuir um alto custo devido à situação atual de elevação das tarifas energéticas.

### C. Geração de Energia Elétrica na Comunidade

Até 2007, a comunidade era um sistema isolado, sendo atendida com energia elétrica gerada internamente por três grupos geradores a diesel e um pequeno sistema fotovoltaico isolado, apenas para alimentar a escola da comunidade, além de baterias automotivas que eram recarregadas periodicamente em Abaetetuba. De 2007 até o presente, a comunidade passou a receber os serviços de fornecimento de energia elétrica da concessionária de energia do estado do Pará através da viabilização promovida pelo Programa Luz Para Todos, do Governo Federal, que investiu em um sistema de transmissão dentro da comunidade, ligado na rede convencional do SIN. Entretanto a energia fornecida não tem qualidade padrão e também não é suficiente para alimentar a agroindústria local de despolpamento de açaí, que também está parada, sendo o produto (açaí) vendido *in natura* (agregado ao caroço) ou processado em pequena escala. Assim, sem mais incentivos para a continuidade do projeto de gaseificação, tanto a usina de gaseificação, quanto a agroindústria ficam paradas.

Em termos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, a existência de uma agroindústria de despolpamento de açaí na comunidade encaixa perfeitamente com a operação de uma usina de gaseificação, que pode aproveitar o potencial energético da biomassa residual produzida pela agroindústria, para alimentar a própria agroindústria. Essa característica inovadora de realizar uma associação da usina de gaseificação com a agroindústria local de produção de polpa de açaí, possibilita à comunidade uma melhoria na qualidade do produto base com aproveitamento de recursos residuais de forma sustentável e, conseqüentemente, um crescimento econômico. Na figura 2, é possível perceber as estruturas da agroindústria à esquerda e da usina de gaseificação à direita. Nota-se que elas estão bastante próximas, o que reflete

o planejamento do projeto em torno da integração agroindústria-usina [3].



Fig. 2 - Prédio da agroindústria de despulpamento de açai à esquerda e prédio do gaseificador à direita.

O projeto foi formulado levando em conta o fato de que a tecnologia de gaseificação de biomassa se encontra bastante difundida em diversas regiões no mundo, como, por exemplo, a Índia, onde tem se mostrado viável e sustentável dos pontos de vista ambiental, social e econômico, principalmente porque se integra a atividades econômicas de extração e comercialização de bens florestais ou de cultivo. O modelo de gaseificador utilizado em Jenipauá, inclusive, é indiano. A tecnologia foi trazida ao Brasil com a finalidade de difusão da tecnologia dos gaseificadores, no sentido de promover a geração de energia elétrica de maneira distribuída e/ou isolada a partir de fontes renováveis.

#### D. O Processo de Gaseificação

No processo de gaseificação, combustíveis gasosos são obtidos através do tratamento termoquímico de combustíveis sólidos ou líquidos. Durante o processo, ocorre uma reação entre a matéria prima (biomassa ou combustíveis fósseis) e uma quantidade sub-estequiométrica de oxigênio (comburente), ou seja, processa-se uma reação incompleta, produzindo, assim, uma mistura de gases ainda com propriedades combustíveis, chamada gás de síntese ou *syngas*. Com uma composição típica de 48% Nitrogênio, 21% Monóxido de Carbono, 9% Dióxido de Carbono, 14% Hidrogênio, 5% Vapor d'Água e 2% Metano, o gás de síntese produzido na gaseificação pode sofrer alteração de acordo com as condições de temperatura, pressão, umidade do combustível, tipo de combustível e teor de oxigênio no agente gaseificador [4].

A gaseificação é um processo que aceita como combustível somente materiais de composição homogênea e de baixa umidade, visto o insucesso tecnológico nas tentativas de tratamento de resíduos heterogêneos, como os sólidos urbanos, com gaseificação, devido ao fato de desencadear os problemas de vitrificação das cinzas produzidas e da instabilidade do processo em si [5, 6]. Para alimentar o gaseificador, a biomassa combustível passa por um pré-tratamento de redução de umidade, assim poderá ser gaseificada eficientemente. Também o gás de síntese produzido passa por um resfriamento e purificação, de forma que fica livre de impurezas.

Estão entre as aplicações para esses *syngas* produzido: alimentação de fornos, motores a diesel e à gasolina (ciclo Otto), turbinas a gás, geradores a vapor; queimadores para a produção de calor ou motores para gerar energia elétrica, na

condição alimentação com uma mistura combustível de 80% gás de síntese + 20% diesel ou 100% gás para motores de ciclo Otto; pode ser usado também como matéria-prima para produzir outros combustíveis, como metanol, amônia, etc. Ou até mesmo através de queima direta para produzir calor sem resfriamento ou filtragem [4, 7].

Os gaseificadores possuem três classificações independentes. Quanto à pressão, podem ser atmosféricos ou pressurizados, quanto ao tipo de leito, podem ser de leito fixo ou fluidizado e quanto ao tipo de fluxo podem ser de fluxo cruzado (*cross draft*), co-corrente (*down draft*) ou contracorrente (*up draft*), entre outros [4]. Existem diferentes modelos de gaseificador, alguns são mais eficientes que outros, entretanto é necessário atentar para o grau de adaptabilidade do modelo à aplicação específica para o qual é solicitado.

Os gaseificadores atmosféricos têm uma constituição mais simples que os pressurizados, visto que trabalham sem necessidade de vedação e estruturas reforçadas. Entretanto, com relação à eficiência do processo, os pressurizados se destacam, por proporcionarem um ambiente confinado, com redução das perdas e maior coesão entre os componentes da reação, sem interferências externas [7].

Analogamente, os gaseificadores de leito fixo são, também, mais simplificados que os de leito fluidizado por possuírem uma tecnologia mais simples, e, portanto, mais barata, o que se torna uma vantagem para o caso de baixa disponibilidade de recursos financeiros. Em relação à eficiência e ao porte, nos de leito fixo, o combustível reage em um reator estático. Essa topologia se limita a tratar, no máximo, 10 a 15 toneladas de biomassa seca na configuração de alta densidade e granulometria entre 10 a 100mm por hora e com temperatura média de 1000°C [7, 8].

Já nos de leito fluidizado existe, no reator, um fluxo das partículas da biomassa criado pelo fluxo de ar que o atravessa. Essas partículas ficam suspensas em um leito de materiais inertes (areia, cinzas ou alumina – não participam da reação de gaseificação), aumentando a taxa de transferência de calor no processo e também a homogeneidade da temperatura dentro da câmara de reação, assim a maior parte das substâncias voláteis entrará em contato com as partículas de biomassa do leito aquecido, propiciando uma queima completa e limpa. Trabalham com uma granulometria de 250mm geralmente, o que também intensifica a troca de calor entre as partículas. Isso os torna mais eficientes que os de leito fixo. Além disso, são sistemas de maior capacidade produtiva e, por consequência, de maior porte, podendo trabalhar com uma ampla faixa de combustíveis sólidos [4].

No gaseificador co-corrente o ar e o gás fluem para baixo, na mesma direção em que o combustível é alimentado, a partir do topo. Neste tipo de gaseificador, o ar injetado no gaseificador pode queimar até 99,9 % do alcatrão liberado pelo combustível, sendo essa a razão pela qual recebe a denominação “queima de alcatrão” [8]. Esse modelo tem a vantagem de possuir uma configuração em que o alcatrão e os voláteis oriundos da etapa de pirólise são conduzidos para a etapa de combustão, na qual, em condições controladas de operação, são craqueados, sendo, assim, convertidos em fase leve e coque, fazendo com que o gás síntese gerado pelo gaseificador seja relativamente livre de alcatrão. Portanto, a configuração da zona de combustão é um fator crítico nos gaseificadores co-corrente.

Existe um modelo alternativo de gaseificador co-corrente que é o modelo tipo topo aberto para biomassa polidispersa com entrada de ar superior, de forma a evitar altas temperaturas e, conseqüentemente, a fusão das cinzas. Essa variante é utilizada no projeto de Jenipauá, escolhida com embasamento em estudos acerca desse modelo, que concluem que possui grande flexibilidade no uso de diferentes tipos de biomassa, assim como um custo mais baixo e uma tecnologia mais simplificada de aprendizado e manutenção mais fáceis [4, 7, 8].

Observa-se que o gaseificador do tipo leito fixo, co-corrente e de topo aberto é tipo mais indicado para a realidade amazônica em relação aos demais, pois as especificidades das comunidades isoladas exigem baixo custo e tecnologia simples, de fácil manutenção e operação. Na figura 3 é possível observar o modelo de gaseificador utilizado em Jenipauá [3].

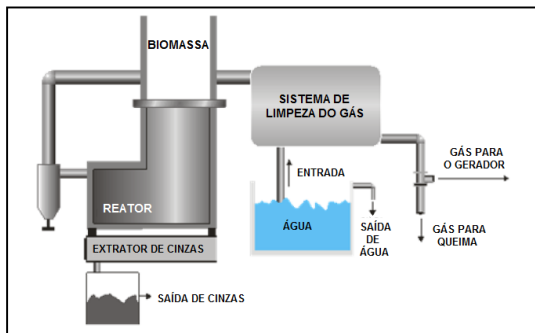


Fig. 3 – Configuração do gasificador de Jenipauá.

### E. Potencial Energético de Biomassa da Comunidade

A comunidade de Jenipauá tem um grande potencial de biomassa, uma característica que se replica pela Amazônia, devido a sua grande biodiversidade e à vegetação densa, típicas das florestas tropicais nela existentes. O levantamento do potencial de biomassa da comunidade foi analisado em cima de duas bases de dados, provenientes de dois estudos diferentes: um é o levantamento do potencial energético da região do Marajó, através do Projeto MEAPA [9] e outro exclusivo para a comunidade de Jenipauá, realizado pela SEOP [10].

O projeto MEAPA, desenvolvido em 1999 e coordenado por Rocha, Silva e Pinheiro [9], em uma parceria entre a UFPA e o INESC - Porto, teve como objetivo elaborar estratégias de integração de energias renováveis à matriz energética do Pará, lançando mão de uma metodologia desenvolvida em 1996, através da cooperação de equipes de pesquisa entre diversos países europeus, entre os quais, Portugal, França, Reino Unido, Espanha, Itália, Grécia e Irlanda [11]. Entre os resultados desse projeto pioneiro podemos destacar o mapa representado na Figura 4, que exibe o potencial de biomassa da região do Marajó em quilo toneladas de biomassa disponível por município, por ano. Esse mapa tem fins ilustrativo e se aplica ao município de Abaetetuba por estar próximo da região do Marajó, como verificado na figura. O mapa nos fornece a informação de que os municípios do Marajó tem potencial total de biomassa anual entre 57 e 1487 t/ano, estando Abaetetuba mais próximo a municípios contidos em uma faixa de disponibilidade de biomassa de 290 a 539 t/ano [9].

No diagnóstico de biomassa específico da comunidade de Jenipauá, utilizou-se o relatório com o levantamento do potencial de biomassa feito para a comunidade, durante a

vigência do projeto “Promoção de Estudos de Viabilidade para Projeto, Construção e Instalação de Sistemas de Gaseificação de Biomassa na Comunidade Quilombola de Jenipauá em Abaetetuba” [10, 12].



Fig. 4 - Quantidade total de biomassa por município na região do Marajó.

Como a produção de açaí é a principal atividade econômica da comunidade, gerando grande quantidade de biomassa residual (caroços e cachos de açaí) e que pode ser facilmente coletada, esse relatório focou no levantamento da quantidade de biomassa de açaí, utilizando uma metodologia desenvolvida e aplicada pela própria SEOP em 2007, obtendo os seguintes resultados: quantidade de biomassa de cachos e caroços de açaí na comunidade de Jenipauá equivalente a 1704 kg/dia, sendo 1320 kg/dia de biomassa de caroços e 384 kg/dia de biomassa de cachos [3, 10, 12].

### F. Aspectos Técnicos e Operacionais

Como já citado, o gaseificador de Jenipauá tem um reator do tipo leito fixo, co-corrente, de topo aberto, fabricado pelo Indian Institute of Science (IISc), com capacidade de 40 kW de potência instalada. As Figuras 5a e 5b contém o registro do reator de Jenipauá.



Fig. 5a



Fig. 5b

Figuras 5a e 5b - Reator do gaseificador modelo indiano instalado em Jenipauá.

Para operarmos este tipo de gaseificador adaptado para a agroindústria, cuja demanda é de 20 kW, em regime diário de operação contínua (24 horas/dia), é necessário em média 480 kg/dia de caroço (consumo de 1 kg/kWh, totalizando 20 kg/hora de biomassa para 20 kW) [12, 13, 14].

No levantamento de biomassa realizado na comunidade, foi apontado que há uma produção diária de biomassa residual de 1704 kg. Essa quantidade é viável para fins de geração de energia elétrica com a tecnologia de gaseificação, pois

supera em mais de três vezes a quantidade de 480 kg de biomassa necessária para manter o sistema funcionando pelas 24 horas por dia. Assim, fica explícito que a comunidade possui potencial suficiente para se tornar autônoma do ponto de vista do abastecimento da agroindústria de açaí [10].

Previendo também uma redução nessa produção de biomassa nos períodos de entressafra do açaí, os idealizadores do projeto levaram em conta a alimentação do gaseificador com outros tipos de biomassa residuária provenientes de outras culturas, como a casca de cacau, resíduos da mandioca, restos madeireiros florestais e casca de cupuaçu. Também existe a possibilidade de estocar o caroço de açaí na safra para utilizar durante a entressafra, pois é sabido que a quantidade de caroços produzida excede a necessidade [10, 14].

A agroindústria, equipada de descaroador, despulpador, pasteurizador, câmara fria para congelar a polpa, autoclave e ensacadoras, seria alimentada pela usina de gaseificação, o que representa um importante passo na cadeia produtiva do açaí, que é base alimentar e econômica da comunidade [3, 10].

A usina de Jenipaúba, é constituída de uma unidade geradora de 25 kW, com um motor diesel de 49 HP (1.800 rpm) e um gerador elétrico de 32,5 kVA, 220V [10]. O gerador utilizado é síncrono, trifásico com neutro acessível, com sistema de excitação sem escovas, com as seguintes características:

- Potência aparente nominal ( $S_n$ ) = 32.5kVA;
- Fator de Potência (F.P.) = 0,8;
- Frequência ( $f$ ) = 60 Hz;
- Tensão Nominal ( $V_n$ ) = 127/220 V;
- Acondicionamento da estrutura = em local abrigado.

O gaseificador/grupo gerador está instalado em infraestrutura naturalmente ventilada, de modo a evitar o acúmulo de gás combustível na estrutura do prédio-abrigo no caso de eventuais vazamentos, reduzindo os riscos de incêndio ou à saúde do operador, evitando intoxicação. Na Figura 6 pode-se observar a prédio do gaseificador com essas características [3].

No projeto arquitetônico do prédio do gaseificador, mostrado na Figura 7, a casa de força foi planejada para ter espaço para mais três unidades geradoras, de forma a acompanhar o crescimento da carga a ser atendida [3].

O gás de síntese (*syngas*) produzido pelo gaseificador alimenta o motor a óleo diesel do grupo gerador através da sua entrada de ar [7]. Antes de alimentar o motor, o gás de síntese precisa ser resfriado e lavado através do contato com a água circulante, bombeada a partir de três tanques conjugados de separação ou decantação, com volume total de 3 m<sup>3</sup>. Estes tanques são caixas d'água convencionais de fibra de vidro, não enterradas, de 1000 litros cada. Essa etapa de lavagem/resfriamento remove impurezas do gás, prejudiciais ao funcionamento do motor, sendo elas cinzas e alcatrão, este último é separado no processo de condensação ocasionada pelo resfriamento. Nas Figuras 8a e 8b é mostrado um registro do sistema de filtragem do gaseificador [3].

O circuito de água compreendido entre o lavador/resfriador do gaseificador e os tanques de separação/decantação, deve estar equipado com um filtro de carvão para remoção do alcatrão. O filtro de carvão é necessário, pois após o período médio de um mês, a água circulante se torna demasiadamente saturada de alcatrão, prejudicando a limpeza dos gases e, conseqüentemente, o funcionamento do motor. Essa água não pode ser diretamente descartada para o solo ou para o rio,

devido a sua relativa toxidez pelo acúmulo de alcatrão. Portanto, o filtro descrito acima fornece uma solução para o descarte de alcatrão, sem prejuízo ao meio ambiente (SEOP, 2007), pois atingindo um determinado grau de impregnação de alcatrão, o filtro é substituído, podendo os velhos ser queimados no próprio gaseificador, decompondo o alcatrão em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água H<sub>2</sub>O, liberados sem problemas para o meio ambiente [7, 8].



Figura 6 - Prédio do gaseificador.



Figura 7 - Projeto arquitetônico do prédio da usina.



Fig. 8a



Fig. 8b

Figuras 8a e 8b - Sistema de filtragem do gás de síntese.

A concepção do projeto da usina de gaseificação envolvia o suprimento integral da demanda da agroindústria e, ainda a geração de energia excedente para alimentar em torno de 50 casas da comunidade e sua iluminação pública, respeitando um uso coletivo da energia elétrica produzida.

Nesse panorama, foi planejada a construção de uma rede de distribuição de energia para as residências, sendo cada residência tomada como uma carga com demanda de 0,3 kVA.

A queda de tensão máxima foi estabelecida em 5% e os transformadores foram dimensionados para operar durante 10 anos, tendo capacidade para uma taxa de crescimento de carga estimada em 2% ao ano [13]. O projeto da rede tem propriedades construtivas incomuns, no sentido de se adaptar às características naturais da comunidade. Sendo a comunidade situada em uma ilha, com região de várzea submetida a cheias

periódicas, havia a contraindicação da instalação de postes comuns na construção da rede de distribuição. Foi, portanto, previsto no projeto postes de madeira de lei (Acariquara ou Acapu), que são madeiras regionais, mais adaptadas e resistentes aos fatores de desgaste. Os postes possuem comprimento de 10 metros na rede de alta tensão, e 9 metros na rede de baixa tensão [3, 13].

A Figura 9 exibe um recorte do projeto da rede de distribuição ao longo das orlas dos rios Abaeté (ao noroeste) e Jenipaúba (ao norte).

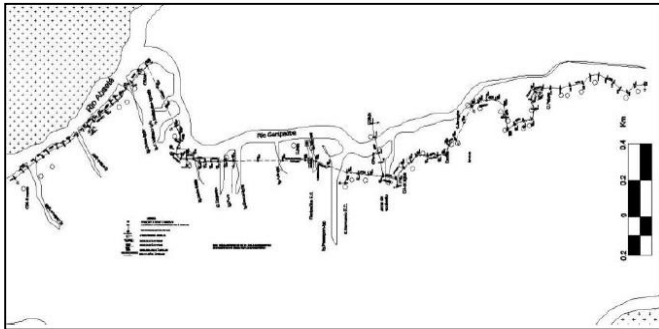


Figura 9 - Recorte do projeto da rede de distribuição.

#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto da usina de gaseificação de Jenipaúba se mostra uma excelente alternativa energética para a comunidade, tendo em vista suas características que se adaptam às realidades socioeconômica e ambiental locais, sendo uma tecnologia acessível, tanto do ponto de vista econômico, como do operativo e de manutenção, aproveitando resíduos de fácil acesso que, de outro modo, se tornam inconvenientes, contribuindo para o saneamento e para a manutenção do ecossistema ali estabelecido.

Tem potencial para levar crescimento econômico para a comunidade, sem interferir nas suas vocações e aumentar a qualidade e a oferta da energia elétrica internamente. Por todos esses motivos que o projeto pode beneficiar não só a comunidade de Jenipaúba, mas também muitas outras formações sociais de diversos portes, principalmente as comunidades isoladas da Amazônia, que são carentes desse serviço essencial para a qualidade de vida, tendo em comum o fato de possuírem abundância de biomassa residual.

Nesse sentido, a equipe de pesquisa do projeto continua buscando meios para implantar essa tecnologia, com a qual se espera promover o desenvolvimento do estado do Pará e do Brasil, atentando para o fato de que os gestores brasileiros precisam modernizar suas estratégias e implementar novas tecnologias que promovam o desenvolvimento sustentável com a utilização de fontes renováveis de energia.

#### V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (PPGEE/UFPA) e ao Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM) pelo apoio logístico e financeiro na preparação desta pesquisa.

#### VI. REFERÊNCIAS

- [1] MME. Luz Para Todos, um marco histórico - 10 milhões de brasileiros saíram da escuridão. Brasília: Barbarabela Editora Gráfica, 2010.
- [2] MUNIZ, R. N. Desafios e Oportunidades para o Acesso Universal à Energia Elétrica na Amazônia. Dissertação de Mestrado. Belém: Universidade Federal do Pará, 2015.
- [3] MUNIZ, R. N. Gaseificação de Biomassa Residuíria em Comunidades Isoladas na Amazônia: Estudo de Caso na Comunidade Quilombola de Jenipaúba no Estado do Pará. Universidade Federal do Pará. Belém. 2013.
- [4] KIRUBAKARAN, V. et al. *Review on Gasification of Biomass. Renewable and Sustainable Energy reviews*, v. 13, p. 179-186, 2009.
- [5] HENRIQUES, R. M. Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma abordagem tecnológica. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: COPPE/UFRI. 2004.
- [6] FAAJ, A. et al. Novas Tecnologias para os Vetores Modernos de Energia da Biomassa. In: *Uso da Biomassa para produção de Energia na Indústria Brasileira*. Campinas: UNICAMP, 2005.
- [7] SRIDHAR, G. et al. *Case Studies on Small Scale Biomass Gasifier Based Decentralized Energy Generation Systems*. Bangalore, Índia: Indian Institute of Science, 2005.
- [8] MUKUNDA, H. S.; DASAPPA, S.; SHRINIVASA, U. *Open-top wood gasifiers*. In: *Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity*. Washington: Island Press, 1993.
- [9] ROCHA, B. R. P.; SILVA, I. M. O.; PINHEIRO, E. C. L. Mapeamento de Alternativas Energéticas na Ilha do Marajó. Anais do 3o. Encontro de Energia no Meio Rural. Campinas: Unicamp. 2000.
- [10] SEOP. Projeto Promoção de Estudos de Viabilidade para Projeto, Construção e Instalação de Sistemas de Gaseificação de Biomassa na Comunidade Quilombola de Jenipaúba em Abaetetuba. Secretaria de Estado de Obras Públicas. Belém. 2007.
- [11] SOLARGIS. *Guidelines for elaboration of regional Integration Plans for Decentralized Electricity Production with Renewable Energies. The SOLARGIS Handbook*: [s.n.], 1996.
- [12] NETO, O. B. B. Atendimento de Energia Elétrica Domiciliar Para Comunidades Isoladas de Baixa Potência do Interior do Estado do Pará Através de um Gaseificador de 1 kW. Dissertação de Mestrado. Belém: UFPA. 2006.
- [13] MONTEIRO, J. H. Planejamento Energético para Pequenas Comunidades da Amazônia: Um Estudo de Caso na Comunidade Quilombola de Jenipaúba - Abaetetuba. Dissertação de Mestrado. Belém: UFPA. 2008.

#### VII. BIOGRAFIAS



**Noemy Pereira de Souza** nasceu em Belém, Estado do Pará. Graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é discente de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (PPGEE/UFPA) na área de concentração em Sistemas de Energia e linha de pesquisa em Fontes Renováveis e atua como membro do grupo de pesquisa ENERBIO.



**Pedro Coelho de Rezende Neto** nasceu em Belém, Estado do Pará. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é aluno especial do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (PPGEE/UFPA) na área de concentração em Sistemas de Energia e linha de pesquisa em Fontes Renováveis e atua como membro do grupo de pesquisa ENERBIO.



**Bruna Chaves Brasileiro** nasceu em Belém, Estado do Pará. Graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é discente de Mestrado do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (PPGEE/UFPA) na área de concentração em Sistemas de Energia e linha de pesquisa em Fontes Renováveis e atua como membro do grupo de pesquisa ENERBIO.



**Ricardo Marino Kühl** nasceu em São Paulo, Estado de São Paulo. Graduado em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Atualmente é discente de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (PPGEE/UFPA), na área de concentração em Sistemas de Energia e linha de pesquisa em Fontes Renováveis e atua como membro do grupo de pesquisa ENERBIO.



**Rafael Ninno Muniz** nasceu em Londrina, Estado do Paraná. Possui Graduação e Mestrado em Engenharia Elétrica e atualmente é discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (PPGEE/UFPA), na área de planejamento energético e fontes renováveis de energia. Desenvolve pesquisas em parceria com o Núcleo de Altos Estudos da Amazônia (NAEA/UFPA) e Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM). Atua nas áreas de meio

ambiente, energia e resíduos, aproveitamento energético de resíduos e saneamento ambiental.



**José Alberto Silva de Sá** nasceu em Belém, Estado do Pará. Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade da Amazônia (UNAMA), Mestrado em Engenharia Civil e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é professor na Universidade do Estado do Pará (UEPA) e atua no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Professor na Universidade da Amazônia (UNAMA). Líder do GEMDA (Grupo de Estudo de Mineração de Dados da Amazônia - UEPA).

Pesquisador nos seguintes grupos (registrado no diretório do CNPq): Inteligência Artificial para o Processamento de Imagens Ambientais; Descargas Atmosféricas na Amazônia; e Competitividade e Sustentabilidade Regional. Áreas de pesquisa: Mineração de Dados; Inteligência Artificial; Ambiente, Sustentabilidade e Desenvolvimento Regional; e Descargas Atmosféricas.



**Brigida Ramati Pereira da Rocha** nasceu em Belém, Estado do Pará. Graduada em Engenharia Elétrica (1976), Mestrado em Geofísica (1979), Doutorado em Geofísica pela Universidade Federal do Pará (1995) e Pós-Doutorado pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), na área de alta tensão. Professora da Universidade Federal do Pará possui experiência em Engenharia Elétrica com ênfase em raios, alta tensão e compatibilidade eletromagnética, atuando principalmente nas seguintes áreas: Descargas

Atmosféricas, Energia, Processamento Digital de Sinal, Biomassa e Planejamento Energético. Atualmente coordena pesquisas em descargas atmosféricas no CENSIPAM, é bolsista de Produtividade do CNPQ (Nível II). É consultor ad-hoc CNPQ, FINEP, FAPESPA e FACEPE. Colaboradora de trabalhos técnicos científicos em várias conferências e revistas internacionais