



A importância dos resíduos de biomassa da cadeia produtiva: Possibilidades de estudos *in silico* da sustentabilidade em comunidades amazônicas e agronegócio

Larissa Souza Amaral, Universidade do Estado do Amapá
Erich Potrich, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia
Jadson Coelho de Abreu, Universidade do Estado do Amapá

Resumo

É de extrema importância o estudo da cadeia produtiva do açaí e cupuaçu visando a destinação sustentável dos resíduos gerados. Diante deste cenário o uso de ferramentas que adotam a abordagem *in silico* resolveria parte dos problemas e abriria portas para tomada de soluções produtivas. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, o Brasil tem anualmente 1,3 bilhão de toneladas de resíduos, sendo que 1/3 dos alimentos destinados ao consumo são desperdiçados devido à ausência de estratégias viáveis de reciclagem. Por outro lado, a recuperação de resíduos é sustentável, econômica, barata, rica em materiais orgânicos e um recurso abundante. Assim, pode ser considerada uma das alternativas mais eficientes para a reciclagem e, conseqüentemente, para a produção de produtos com alto valor agregado. As alternativas tradicionais de disposição de resíduos envolvem aterros sanitários, compostagem, extração de inulina do açaí e ração animal. Melhorar e agregar a essas alternativas a geração de energia elétrica via combustão ou gaseificação de resíduos de biomassa resolveria o grande problema das toneladas de resíduos de açaí produzidos e favoreceria o desenvolvimento das comunidades amazônicas locais e do agronegócio regional.

Palavras-chave: *in silico*, cadeia produtiva, resíduos de biomassa, região amazônica.

1. Introdução

O consumo de açaí e cupuaçu fazem parte da dieta tradicional da maioria da população da região amapaense ^[1,2], mas devido ao seu valor terapêutico e nutricional, a demanda, em especial, por açaí tem aumentado exponencialmente tanto nos mercados doméstico e internacional ^[3]. Essa crescente demanda tem contribuído significativamente para o desenvolvimento agroindustrial da região. No entanto, tal avanço tem sido acompanhado pelo crescimento na geração de resíduos indesejados do processamento (sementes e fibras), que muitas vezes são descartados de forma inadequada, impactando a paisagem natural e entupindo esgotos e cursos d'água ^[4]. Devido a esse dano ambiental, usos alternativos para esses resíduos têm sido explorados, como o retrabalho em artesanato e uso em energia renovável ^[5], ração animal, finalidades terapêuticas e fertilizantes do solo ^[1,6,7].

A exploração *in silico* é um procedimento realizado em computador ou por meio de simulação computacional. A frase é pseudo-latim para 'em silício' (em latim seria *in silicio*), referindo-se ao silício em chips de computador. Foi cunhado em 1987 como uma alusão às frases latinas *in vivo*, *in vitro* e *in situ*, que são comumente usadas em biologia. Este projeto visa os estudos em caráter de simulação de processos químicos, mas, se levados para a esfera experimental no futuro, podem auxiliar pequenas comunidades e estimular o agronegócio local. Em pequenas comunidades, no norte do país, costumam haver produção de frutas típicas amazônicas, ressaltando o açaí e o cupuaçu, sendo considerado o recurso agrícola principal das comunidades. A implementação desse tipo de sistema de gaseificação e/ou combustão permitiria a formação de uma agroindústria local, desenvolvendo o agronegócio sem preocupar com o descarte de resíduos gerados.

Existem algumas formas de descartes de caroço de açaí adotadas pelos batedores nos municípios de Macapá e Santana, de acordo com um estudo realizado ^[27]. A principal é pagar para recolher de suas bateadeiras. O quantitativo estimado de “pagar para recolher” foi de 15.875 kg/dia do caroço; 6.055 kg/dia do caroço são jogados fora; 1.185 kg/dia do caroço são deixados para o recolhimento em frente dos estabelecimentos e 1.340 kg/dia do caroço são descartados na forma de doação. Em relação aos locais de destinação do caroço de açaí, mensurou-se em 24.455 kg de caroços de açaí descartados diariamente nos municípios de Macapá e Santana. Destes, tem-se um acumulado de 11.580 kg/dia enviado para as olarias, 4.050 kg/dia jogados em lagos, 35 ressacas e terrenos baldios, 3.085 kg/dia destinada ao lixão aberto ou aterro controlado, 1600 kg para adubo e 4.140 kg/dia não se sabe qual destinação é dada aos caroços ^[27]. Para os estudos, considerou-se o peso da saca de 50 kg, e para a mensuração da estimativa de caroço despulpado descartados, considerou-se o peso da saca de 54 kg.

Diante do exposto, estamos lidando com uma intensa problemática, levando em consideração essa geração de resíduos provenientes, exclusivamente, do açaí. Importante ressaltar que há ainda outros resíduos/biomassa que precisam ser levados em consideração no momento do descarte. Um exemplo, são as sementes e a casca do cupuaçu que segue problemáticas iguais ao do açaí.

A preocupação com os resíduos provenientes do agronegócio tem aumentado consideravelmente devido ao seu descarte incorreto, o que acarreta diversos problemas ambientais como poluição dos lençóis freáticos, emissão de odores, aterros lotados e produção descontrolada de gases de efeito estufa ^[28]. São produzidas grandes quantidades de sementes, cascas, folhas, polpas esgotadas e caules. Todos esses resíduos são comumente encaminhados para aterros sanitários, pois esta opção é a forma mais econômica de disposição dos resíduos ^[29]. A falta de visão e compreensão da cadeia produtiva como um todo, acabou levando a um comportamento assimétrico, em algumas situações, resultando em perdas ao longo do processo produtivo, muitas vezes justificando a insatisfação dos produtores.

Os setores agrícolas, agroindustriais e urbanos são os que mais geram resíduos associados ao açaí e cupuaçu. Reaproveitar esses resíduos de maneira eficiente auxiliaria na redução dos

danos ambientais ocasionados pelo descarte inapropriado ou exagerado. As alternativas tradicionais para descarte de resíduos envolvem aterros sanitários, compostagem, extração de inulina (açai) e alimentação animal ^[30]. Aprimorar e acrescentar a estas alternativas a geração de energia elétrica via combustão ou gaseificação de resíduos de biomassa resolveria a grande problemática à cerca das toneladas de resíduos produzidos.

Torna-se de extrema importância o estudo a cadeia produtiva do açai e do cupuaçu, objetivando o descarte sustentável dos resíduos gerados. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, o Brasil produz anualmente 1,3 bilhão de toneladas de resíduos agrícolas, sendo que 1/3 dos alimentos destinados ao consumo são desperdiçados devido à ausência de estratégias viáveis de reciclagem ^[31]. Por outro lado, a valorização dos resíduos agroindustriais é sustentável, econômica, barata, rica em materiais orgânicos e é um recurso abundante. Assim, pode ser considerada como uma das alternativas mais eficientes para a reciclagem e, conseqüentemente, para a produção de produtos de alto valor agregado ^[32].

Nas últimas décadas, os problemas ambientais tornaram-se cada vez mais graves e generalizados, principalmente devido ao crescimento populacional e atividades agrícolas que geram grandes volumes de resíduos sólidos que devem ser manuseados e descartados ^[33,34]. Para reduzir o impacto desses resíduos, vários estudos relataram tentativas de usá-los para obter produtos de valor comercial ^[35,36]. Em particular, o uso de biomassa residual de açai e cupuaçu, tem despertando um intenso interesse devido a sua grande biomassa descartada.

A destinação dos resíduos gerados pelo açai e pelo cupuaçu, deve ser constantemente estudado para não acarretar problemas ambientais e de saúde (dependendo do tipo do descarte e suas conseqüências). A reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético ou outras destinações são fundamentais para evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e minimizar os impactos ambientais adversos ^[27].

Recentemente, foram descobertas múltiplas formas de seu reuso, com possibilidades de obtenção de produtos com alto valor agregado, com o emprego de técnicas e processos de

beneficiamento, auxiliando e possibilitando, a redução, reutilização e reciclagem desse resíduo, diminuindo a quantidade a serem descartadas em céu aberto ou próximo as ressacas. Dos caroços despolidos do açai podem ser produzidos mudas, carvão, combustíveis e matéria-prima para a indústria automobilística e etanol, fertilizantes, farelo e adubos do caroço triturado. O poder calorífico do caroço de açai é alto, com valor de 4.500 Kcal/Kg comparável ao Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) que é em torno de 4.680 Kcal/Kg. Isso caracteriza o caroço de açai como um insumo de alta eficiência energética e rentável. Assim, a quantidade de caroços produzidos, despertou o interesse pelo estudo, visto que há a necessidade de saber de que forma estes caroços estão sendo utilizados nessas áreas urbanas e em pequenas comunidades, pois esses caroços de açai passaram muitos anos despercebidos aos olhos da sociedade, como se não causassem danos ambientais devido à destinação incorreta. Os mesmos pensamentos podemos ter em relação ao cupuaçu, que apresenta uma larga quantidade de resíduos após o seu proces-

IV SUSTENTARE & VII WIPIS
WORKSHOP INTERNACIONAL
Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos
de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SUSTENTARE FUD CAMPINAS WIPES IBCOP

Apoio: Agência das Recursos PCJ COMITÊS PCJ

samento, especialmente para produção de polpas. Um direcionamento adequado de uso sustentável, resultará na resolução de um problema estético, ambiental e, de desperdício de energia e materiais ^[27]. Esse estudo desperta esperança sobre possível utilização sustentável de resíduos, gerando renda, menos gastos para descarte e atitude ecologicamente correta e sustentável.

2. Fundamentação teórica

2.1 Combustão e gaseificação da biomassa do resíduo de cadeia produtiva

É importante compreender conceitos básicos envolvendo a combustão e a gaseificação. É de importante conhecimento também, que a biomassa é um termo amplo usado para descrever qualquer material ou recurso orgânico derivado de matéria vegetal ou animal e usado principalmente como combustível. Isso inclui madeira, culturas alimentares, gramíneas e plantas lenhosas, resíduos agrícolas e florestais e componentes orgânicos de resíduos urbanos e industriais. Como o projeto visa a utilização de resíduos da cadeia produtiva do açaí e do cupuaçu, o resíduo gerado, será chamado de biomassa. Esta biomassa, por sua vez, será tratada e utilizada em processos de combustão e de gaseificação via simulação *in silico*. A composição química da biomassa varia substancialmente, devido à ampla gama de materiais envolvidos, mas os principais componentes são a umidade, carboidratos ou açúcares, lignina e matéria mineral que se torna cinza após combustão ou gaseificação.

A combustão é uma reação redox química exotérmica de alta temperatura entre um combustível, chamado de redutor, e um oxidante, geralmente oxigênio atmosférico, que produz produtos oxidados, muitas vezes gasosos, em uma mistura denominada fumaça. A combustão nem sempre resulta em incêndio, pois uma chama só é visível quando as substâncias em combustão vaporizam, mas quando isso ocorre, a chama é um indicador característico da reação. Embora a energia de ativação deva ser superada para iniciar a combustão (por exemplo, usar um fósforo aceso para acender um fogo), o calor de uma chama pode fornecer energia suficiente para tornar a reação autossustentável ^[8].

A combustão é muitas vezes uma sequência complexa de reações de radicais elementares. Combustíveis sólidos, como madeira e carvão, primeiro sofrem pirólise endotérmica para produzir combustíveis gasosos cuja combustão fornece o calor necessário para produzir mais deles. A combustão geralmente é quente o suficiente para produzir luz incandescente na forma de incandescência ou chama. Um exemplo simples pode ser visto na combustão de hidrogênio e oxigênio em vapor de água, uma reação comumente usada para abastecer motores de foguetes. Esta reação libera 242 kJ/mol de calor e reduz a entalpia de acordo (a temperatura e pressão constantes) ^[9].

O aquecimento eficiente do processo requer a recuperação da maior parte possível do calor de combustão de um combustível no material que está sendo processado ^[10]. Existem muitas vias de perda na operação de um processo de aquecimento. Normalmente, a perda do-

minante é o calor sensível que sai com o gás de saída (ou seja, o gás de combustão). A temperatura e a quantidade de gases de escape indicam seu teor de calor (entalpia), portanto, manter sua quantidade baixa minimiza a perda de calor.

Em um forno perfeito, o fluxo de ar de combustão seria combinado com o fluxo de combustível para dar a cada molécula de combustível a quantidade exata de oxigênio necessária para causar combustão completa. No entanto, no mundo real, a combustão não ocorre de maneira perfeita. Combustível não queimado (geralmente CO e H₂) descarregado do sistema representa uma perda de poder calorífico. Uma vez que os combustíveis são indesejáveis no gás de saída, enquanto a presença de oxigênio não reagido apresenta preocupações mínimas de segurança e ambientais, o primeiro princípio do gerenciamento de combustão é fornecer mais oxigênio do que o teoricamente necessário para garantir que todo o combustível queime.

O segundo princípio do gerenciamento de combustão, no entanto, é não usar muito oxigênio. A quantidade correta de oxigênio requer três tipos de medição: primeiro, controle ativo do fluxo de ar e combustível; segundo, medição de oxigênio do gás de saída; e terceiro, medição de combustíveis de gases de escape. Para cada processo de aquecimento, existe uma condição ótima de perda mínima de calor do gás residual com níveis aceitáveis de concentração de combustíveis. Minimizar o excesso de oxigênio traz um benefício adicional: para uma determinada temperatura do gás de saída, o nível de NO_x é mais baixo quando o excesso de oxigênio é mantido mais baixo ^[11].

A adesão a esses dois princípios é promovida fazendo balanços de material e calor no processo de combustão ^[12]. O balanço de materiais relaciona diretamente a relação ar/combustível com a porcentagem de O₂ no gás de combustão. O balanço de calor relaciona o calor disponível para a carga ao calor líquido total produzido pela combustão do combustível. Balanços adicionais de material e calor podem ser feitos para quantificar a vantagem térmica de pré-aquecer o ar de combustão ou enriquecê-lo em oxigênio.

A queima de biomassa para energia cria dióxido de carbono; no entanto, a mesma quantidade de dióxido de carbono é recapturada no futuro crescimento da biomassa. Assim, desde que não haja dióxido de carbono liberado na atmosfera durante a produção da biomassa (crescimento, colheita e processamento), o processo totaliza zero dióxido de carbono líquido para a atmosfera. Além disso, se a biomassa é deixada para se decompor naturalmente, ou queimada abertamente, uma grande parte do carbono na biomassa é convertida em metano (CH₄). A porcentagem de carbono na biomassa que é convertida em CH₄ é de cinquenta por cento no caso de apodrecimento e de cinco a dez por cento no caso de queima a céu aberto. Esses processos são realmente piores em relação às emissões de gases de efeito estufa do que a gaseificação da biomassa, que converte quase todo o carbono contido na biomassa em CO₂, já que o CH₄ é um gás de efeito estufa muito mais forte que o CO₂. Por isso se torna importante também comparar este processo com a gaseificação ^[13].

A conversão termoquímica, seja gaseificação usando menos oxigênio estequiométrico ou pirólise (a gaseificação da biomassa na ausência de oxigênio), usa calor e pressão para converter

biomassa em combustíveis líquidos, produtos químicos e energia elétrica. A combustão é uma opção para conversão de biomassa em energia elétrica; no entanto, o gás de síntese produzido pela gaseificação é muito mais fácil e econômico de limpar do que os gases de exaustão produzidos pela combustão ^[14]. Isso resulta em gaseificação proporcionando melhor desempenho ambiental, incluindo um método mais barato de captura de dióxido de carbono. Além disso, o gás de síntese produzido por gaseificação também pode ser processado em uma variedade de produtos comercializáveis, onde a combustão é limitada à produção elétrica via ciclo de vapor ^[15].

2.2 Açaí e cupuaçu: Resíduos/biomassa da cadeia produtiva

2.2.1 Açaí

Açaí é uma baga preto-púrpura obtida do mercado *Euterpe Oleracea*. palmeira, tipicamente encontrada na Floresta Amazônica e fortemente presente na dieta dos brasileiros, principalmente nas regiões norte e nordeste. O nome vem da palavra tupi yasa'I – fruta que chora – em uma adaptação para o português brasileiro ^[16]. O interesse pelo fruto de *E. oleracea* está relacionado ao seu alto teor de antocianinas, polifenóis, ácidos graxos e outros compostos bioativos. Polifenóis e antocianinas são metabólitos secundários de plantas com propriedades notáveis como atividade antioxidante e/ou corante natural. Algumas dessas propriedades são suas funções antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas.

A fruta oferece benefícios à saúde, mas também causa problemas ambientais ^[17]. O consumo de polpa de açaí, produz aproximadamente cerca de 180 mil toneladas de lixo diariamente ^[18]. Durante o processo de despolpação, a polpa é separada das sementes (primeira fração do resíduo), em uma segunda etapa a polpa é clarificada por um filtro onde é produzida uma calda (segunda fração do resíduo), e por fim é caracterizada para certificar que é segura para consumo. Quando um lote de celulose é considerado impróprio para consumo, destina-se ao resíduo em sua totalidade (terceira fração do resíduo) ^[19].

Com relação à disponibilidade, a semente de açaí é uma das biomassas residuais mais interessantes da região amazônica que vem sendo investigada em estudos recentes. Uma estimativa da produção brasileira indica que foram produzidas 221 mil toneladas de açaí em 2018, onde 85-95% da massa total do fruto é descartado após o processamento ^[20]. O açaí (*E. oleracea* Mart.) é uma fruta encontrada principalmente no estado do Pará que possui grande importância cultural, econômica e social ^[21]. Os principais setores que aproveitam a semente de açaí são energia e agronegócio, onde é utilizado como combustível em caldeiras e como fertilizante, respectivamente.

No entanto, esses setores não conseguem utilizar toda a quantidade de resíduos de açaí gerados anualmente. Neste contexto, investigamos aqui outra possível abordagem para o aproveitamento destes resíduos, nomeadamente a produção de carvão ativado ^[22].

IV SUSTENTARE & VII WIPIS
WORKSHOP INTERNACIONAL
Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos
de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SUSTENTARE FUGAMPINAS WIPES ESCOP

Apoio: Agência das Rocias PCJ COMITÊS PCJ

Levando em consideração toda a problemática envolvendo questões ambientais relacionadas à descarte de resíduos orgânicos do açaí, torna-se interessante e atrativo realizar um estudo aprofundado sobre a utilização de seu resíduo/biomassa, em prol de algum benefício. Devido às propriedades dos resíduos do açaí, será possível realizar a simulação de processos de combustão e de gaseificação do açaí com a finalidade de capturar a formação gasosa e converter em energia.

2.2.2 Cupuaçu

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) é uma árvore nativa da Amazônia, cultivada principalmente no norte e nordeste do Brasil. É considerada uma das melhores e mais promissoras árvores frutíferas. O nome de seu fruto, cupuaçu, vem da língua indígena Tupi (kupu=semelhante ao cacau, uasu=grande), e sua polpa é amplamente utilizada como ingrediente em produtos como sucos, sorvetes, cremes, balas, licores e outros processamentos culinários. O cupuaçu produz uma grande quantidade de resíduos em sua produção industrial, principalmente devido ao volume de sementes descartadas no processo. Só em 2006 foram produzidas mais de 10 mil toneladas de cupuaçu [23], com as sementes constituindo cerca de 30% do peso do fruto e claramente produzindo uma grande quantidade de resíduos. Este resíduo é descartado sem aplicações viáveis e, na maioria das situações, utilizado pelos agricultores como ração animal [24,25]. O uso dessas sementes pode gerar renda para famílias pobres ribeirinhas e nordestinas, além de proporcionar benefícios ambientais [26].

Assim como o açaí, o cupuaçu desperta interesse, levando em consideração, a sua larga quantidade de resíduos orgânicos. São sementes e cascas que são descartadas em quantidades significativas que podem acarretar danos ambientais. Devido a sua composição, os resíduos de cupuaçu também podem ser utilizados visando a simulação de processos de combustão e gaseificação em vista da promoção de energia elétrica. Estudos precisam ser conduzidos para melhor entendimento sobre esta utilização.

3. Conclusões

Com as implementações adequadas de estudos *in silico* em caráter de simulação de processos químicos muitos dos problemas envolvendo resíduos advindos de cadeias produtivas, especialmente do açaí e cupuaçu pode gerar benefícios à população local e ao meio ambiente. No entanto, se os estudos *in silico* forem levados para a esfera experimental, podem auxiliar in loco pequenas comunidades e, também, estimular o agronegócio local. Em pequenas comunidades, no norte do país, costumam haver produção de frutas típicas amazônicas como o açaí e o cupuaçu, sendo considerado o recurso agrícola principal das comunidades. A implementação desse tipo de sistema de gaseificação e/ou combustão permitiria a formação de uma agroindústria local, desenvolvendo o agronegócio sem preocupar com o descarte de resíduos gerados e reduzindo os custos com energia elétrica. Os estudos *in silico*, como uma abordagem inicial,



resolveria completamente, na teoria embasada cientificamente, o problema relacionado ao descarte de resíduos advindos da cadeia produtiva do açaí e do cupuaçu.

4. Agradecimentos (quando houver)

A Universidade do Estado do Amapá pelo apoio no estudo e desenvolvimento da abordagem *in silico* visando resolver problemas advindos da cadeia produtiva do açaí e cupuaçu e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, pela parceria estabelecida.

5. Referências bibliográficas

- [1] Michel K.S., Herdjania V.L., Aline N.C., Sueli R., Sacha J.M., Michèle C., Augusto J.S.P., Claudia M.B.F.B. Biochar as a sustainable alternative to açaí waste disposal in Amazon, Brazil. *Process Safety and Environmental Protection*, V. 139, 2020, p. 36-46.
- [2] Oliveira M.S.P., Carvalho J.E.U., Nascimento W.M.O. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Funep, 2000.
- [3] Rogez H. Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação, 2000.
- [4] Bentes V.L.I. Preparação e caracterização de compósitos a base de fosfatos de ferro suportados em carvões ativados de resíduos de caroços de açaí e do endocarpo de tucumã para aplicação ambiental. 137 f. Tese (Mestrado em Química), - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.
- [5] Rangel R. Modelagem, caracterização e simulação da pirólise do semente de açaí 74 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia de Energia), Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- [6] Kabacznik A. Aproveitamento energético do caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) para fins industriais. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Química), Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 1999.
- [7] Townsend C.R., Costa N., Pereira L. de, R.G., Senger A. de, C.C.D. Características químico-bromatológica do caroço de açaí Porto Velho: EMBRAPA-CPAF, Rondônia, p.5, 2001.
- [8] Schmidt-Rohr K. Why Combustions Are Always Exothermic, Yielding About 418 kJ per Mole of O₂. *J. Chem. Educ.*, v. 92 (12), p. 2094–2099, 2015.
- [9] Bradley D. Combustion and the design of future engine fuels. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, v. 223 (12): 2751–2765, 2009
- [10] Calculating the heat of combustion for natural gas. *Industrial Heating*: 28. September 2012. Retrieved 5 July 2013.
- [11] https://www.alentecinc.com/papers/NOx/The%20formation%20of%20NOx_files/The%20formation%20of%20NOx.htm. Acessado 15/02/2022.



- [12] <https://www.industrialheating.com/articles/90812-making-a-heat-balance>. Acessado 15/02/2022.
- [13] Santiago R.R, Emiro S.F., Alberto G.C. Gasification from waste organic materials. *Ing. Investig.*, Bogotá, v. 31, n. 3, p. 17-25, 2011.
- [14] Biomass Gasification 101," Organic Waste Treatment Technology for the Institutional, Commercial & Industrial Sectors, Edmonton Alberta, Steve Jenkins, CH2M HILL Engineers, Inc., 2012.
- [15] Dahmen N., Henrich E., Dinjus E. et al. The bioliq® bioslurry gasification process for the production of biosynfuels, organic chemicals, and energy. *Energ Sustain Soc* v. 2, n. 3, 2012.
- [16] Açai in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa, 2018.
- [17] Gonçalves D. de L. Problemas ambientais e sustentabilidade nas várzeas da Amazônia Tocantina: um estudo no Projeto de Assentamento Agroextrativista São João Batista II Abaetetuba, Estado do Pará, Brasil, *Revista Pan-Amazônica Saúde.*, v. 7, p. 89-99, 2016.
- [18] Bezerra V.S., Freitas-Silva O., Damasceno L.F. Açai: produção de frutos, mercado e consumo *Jorn*, 2, Científica da Embrapa Amapá, Macapá, Brazil, p. 16, 2016.
- [19] Rafaella T. Buratto, E.G. Hoyos, M.J.C., Ángel M. Impregnation of açai residue extracts in silica-aerogel, *The Journal of Supercritical Fluids*, V. 146, p. 120-127, 2019.
- [20] de Souza L.K.C., Gonçalves A.A.S., Queiroz L.S., Chaar J.S., da Rocha Filho G.N., da Costa C.E.F. Utilization of acai stone biomass for the sustainable production of nanoporous carbon for CO₂ capture, *Sustain. Mater. Technol.*, v. 25, 2020.
- [21] Araujo R.O., Chaar J. da S., Queiroz L.S., da Rocha Filho G.N., da Costa C.E.F., da Silva G.C.T., Landers R., Costa M.J.F., Gonçalves A.A.S., de Souza L.K.C. Low temperature sulfonation of acai stone biomass derived carbons as acid catalysts for esterification reactions, *Energy Convers. Manag.*, v. 196, 2019.
- [22] Leandro S.Q., Luiz K.C. de S., Kelly T.C. Thomaz, Erika T.L.L., Geraldo N. da Rocha Filho, Luis A.S. do Nascimento, Luiza H. de O.P, Kelson do Carmo F.F, Carlos E.F. da Costa. Activated carbon obtained from amazonian biomass tailings (acai seed): Modification, characterization, and use for removal of metal ions from water, *Journal of Environmental Management*, v. 270, 2020.
- [23] IBGE. Censo Agropecuário 2006. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2887>. Acessado 15/02/2022.
- [24] Carvalho A.V., Horacio N., García P., Farfán J.A. Proteínas da semente de cupuaçu e alterações devidas à fermentação e à torração Proteins of cupuacu seeds (*Theobroma grandiflorum* Schum) and changes during fermentation and roasting, v. 28, p. 986–93, 2008.
- [25] Azevedo A.B.A. de, Kopcak U., Mohamed R.S. Extraction of fat from fermented Cupuaçu seeds with supercritical solvents, v. 27, p. 223–37, 2003.

- [26] Yasmin M.M, Flavia L.M, Cláudia C.S, Sérgio D.J, Mitsuo L.T, Paulo J.S.M, Lizandro M., Flávio A.F. Application of calcined waste cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) seeds as a low-cost solid catalyst in soybean oil ethanolysis: Statistical optimization. *Energy Conversion and Management*, v. 200, 2019.
- [27] Amanajás M.L.V. Descarte e destinação dos caroços de açaí em Macapá e Santana no Estado do Amapá. Universidade Federal do Amapá (dissertação), 2018.
- [28] Ortiz-Sanchez M., Cardona A., Carlos A. Comparative environmental life cycle assessment of orange peel waste in present productive chains. *Journal of Cleaner Production*, v. 322, 2021.
- [29] Permal R., Leong W.C., Seale B., Hamid N., Kam R. Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative. *Food Chem.*, v. 306, 2020.
- [30] Singh K. The orange fruit and its products *Orange Book*, pp. 1-17, 2018.
- [31] Costa Filho D.V., Silva A., Silva P., Sousa F. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. II Congresso Internacional Das Ciências Agrárias COINTER - PDVAgro, p. 8, 2017.
- [32] Kazemi M., Khodaiyan F., Hosseini S.S., Najari Z. An integrated valorization of industrial waste of eggplant: simultaneous recovery of pectin, phenolics and sequential production of pululan. *Waste Manag.*, v. 100, pp. 101-111, 2019.
- [33] Vilella P.C., Lira J.A., Azevedo D.C.S., Bastos-Neto M., Stefanutti R. Preparation of biomass-based activated carbons and their evaluation for biogas upgrading purposes. *Ind. Crop. Prod.*, v. 109, pp. 134-140, 2017.
- [34] Wong S., Ngadi N., Inuwa I.M., Hassan O. Recent advances in applications of activated carbon from biowaste for wastewater treatment: a short review. *J. Clean. Prod.*, v. 175, pp. 361-375, 2018.
- [35] Kazmierczak-Razna L., Nowicki P., Pietrzak R. Characterization and application of bio-activated carbons prepared by direct activation of hay with the use of microwave radiation. *Powder Technol.*, v. 319, pp. 302-312, 2017.
- [36] Suhas Gupta V.K., Carrott P.J.M., Singh R., Chaudhary M., Kushwaha S. Cellulose: a review as natural, modified and activated carbon adsorbent. *Bioresour. Technol.*, v. 216, pp. 1066-1076, 2016.