

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE CAROÇO DE ABACATE (*Persea americana* Mill.)¹

RAFAELA LUISA KOWALSKI², VANESSA SUZANE SCHNEIDER², JULIANA
MORETTO², LUIS FERNANDO SOUZA GOMES³

¹Aceito para Publicação do 2º Trimestre de 2017.

²Graduando de Tecnologia em Biotecnologia na Universidade Federal do Paraná (UFPR) Setor Palotina R. Pioneiro, 2153, CEP 85950-000 Palotina PR, Brasil. rafaela.luisa@ufms.br, vanessa.suzane31@gmail.com, julianamoretto2@hotmail.com

³Químico. Professor da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. R. Pioneiro, 2153, CEP 85950-000 Palotina – PR, Brasil. luisfernando@ufpr.br.

RESUMO

O amido é um dos polímeros de glicose mais abundantes no reino vegetal podendo ser utilizado como complemento ou alternativa em substituição à cana-de-açúcar como açúcar fermentável. Atualmente tem se evidenciado a necessidade de novas matrizes de fontes renováveis para a produção de etanol. Como a semente de abacate possui cerca de 20% de amido em sua composição é possível realizar a hidrólise e consequentemente, a fermentação alcoólica. O presente trabalho estudou os processos de hidrólise enzimática do caroço de abacate para produção de etanol de segunda geração. O etanol produzido foi caracterizado e os resultados mostraram que a matéria-prima é excelente para a produção do biocombustível, apresentando 1,0579 g L⁻¹ de amido produzindo 44L de etanol por tonelada de semente e um rendimento na fermentação e destilação de 33,83%. Assim, concluiu-se que o caroço de abacate comprova ser uma fonte renovável e eco sustentável para obtenção de etanol.

Palavras-chave - etanol, amido, caroço de abacate.

PRODUCTION OF SECOND GENERATION ETHANOL FROM AVOCADO SEED (*Persea americana* Mill.)

ABSTRACT

Starch is one of the most abundant polymers of glucose in the vegetable kingdom which can be used in order to complement or as an alternative to replace sugar cane as a fermentable sugar. Currently, it has been verified the need for new matrices of renewable sources for ethanol production. As avocado seed has about 20% of starch in its composition, it is possible to perform the hydrolysis and consequently, alcoholic fermentation. The present work studied enzymatic hydrolysis processes in avocado seeds to produce second generation ethanol. The ethanol obtained was characterized and the results showed that the raw material used is excellent for biofuel production, with 1,0579 g L⁻¹ of starch producing 44L of ethanol per ton of seed. Therefore, it was concluded that the avocado seed attests to be a renewable and sustainable source to obtain ethanol.

Keywords - ethanol, starch, avocado seeds.

INTRODUÇÃO

Atualmente a matriz energética baseia-se em combustíveis de fontes fósseis, como o carvão, gás natural e petróleo. A incerteza da disponibilidade dessas fontes a longo prazo e o cuidado ambiental, impulsiona novas estratégias de obtenções de energias renováveis para a consolidação do desenvolvimento econômico, ambiental e social.

A Lei 11.097, aprovada em 13 de Janeiro de 2005, estabelece como biocombustível o “combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna ou, conforme regulamento, para outro tipo de geração de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (BRASIL, 2005), ou seja, todo combustível que seja originado de matéria orgânica proveniente de fonte renovável.

Como exemplos deste tipo de combustível, destaca-se o biodiesel, que, de acordo com a Resolução ANP 14/2012, em seu art. 2º, biodiesel é “combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de matérias graxas, de gorduras de origem vegetal ou animal, e que atenda a especificação contida no Regulamento Técnico nº 4/2012” (ANP, 2012), e o etanol, álcool

etílico (C₂H₅OH) produzido desde os tempos antigos pela fermentação dos açúcares encontrados em produtos vegetais (cereais, beterraba e cana). Devido ao esgotamento das fontes não renováveis, espera-se um crescimento considerável na produção tanto de etanol quanto de biodiesel.

No Brasil, a produção de etanol é tradicionalmente baseada na cultura da cana-de-açúcar, mas devido às necessidades energéticas, fontes alternativas são necessárias para a produção de etanol. Além disso, para esta cultura, uma das práticas mais comuns ainda hoje utilizada no Brasil é a queima da palha da cana para facilitar as operações de colheita, gerando impactos ambientais (ANTUNES; AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M, 2012).

A obtenção do etanol a partir de novas alternativas pode representar um tema de alta relevância, devido à preocupação ambiental e a intensa busca por fontes alternativas. O aproveitamento de biomassa do caroço do abacate para obtenção de etanol acarreta em uma melhoria da qualidade ambiental pela destinação de um resíduo, impedindo que o mesmo seja jogado em aterros sanitários, minimizando desta maneira o impacto ambiental.

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) pertence a família Lauraceae, gênero *Persea*, o qual compreende três variedades botânicas, em uma única espécie: *Persea americana* var. *americana*; *Persea americana* var. *guatemalensis* e *Persea americana* var. *drymifolia* (BARWICK, 2004), tendo origem guatemalteca, antilhana e mexicana.

No Brasil, o abacate é cultivado em quase todos os estados, mesmo em terrenos acidentados, propiciando condições de produção o ano todo. A produção brasileira está distribuída principalmente pela região Sudeste, seguida pelo Nordeste e Sul, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com produção estimada em 2011 de 92 mil toneladas (57,3% do total nacional). O segundo maior estado produtor, Minas Gerais, apresenta participação ao redor de 19%, seguido pelo Paraná com 11%, Rio Grande do Sul com 4% e Ceará com 3%. No Estado do Paraná a área cultivada está ao redor de 944 hectares, onde foram produzidas 17,304 mil toneladas em 2011, com a maior produção concentrada na região norte e sudeste (IBGE, 2013).

A proporção de casca, polpa e semente presentes na variedade “Hass” é de, respectivamente, 28,13; 58,71 e 13,16%, segundo Daiuto et al. (2012), e Salgado et al. (2008) encontraram na variedade Margarida valores de 11,2%; 66,0% e 22,8%, respectivamente. Quando não maduro, o abacate possui o caroço envolvido por um tegumento espesso, carnoso e de coloração branca que adquire coloração marrom à medida que amadurece (BLEINROTH; CASTRO, 1992). As cultivares existentes apresentam frutos com as mais

variadas formas, tamanhos e pesos, assim como, diferentes proporções de casca, polpa e caroço.

Frutos que apresentam altos teores de lipídeos são bastante promissores como matéria-prima para obtenção de óleo. De acordo com Salgado et al. (2008) o óleo de abacate se destaca pela excelente qualidade nutricional, que, de acordo com alguns estudos, é rico em β -sitosterol e ácido oléico, uma gordura insaturada utilizada como coadjuvante no tratamento de hiperlipidemias.

Apesar disso, tem se estudado a polpa do abacate como fruto para potencial produção de biodiesel, ou seja, biodiesel de primeira geração por apresentar fins alimentícios. Em contra partida, a semente constitui uma grande porção do fruto rica em amido, como veremos adiante, e sem fins alimentícios. Desta forma, torna-se interessante caracterizá-los, visando futuros estudos sobre o aproveitamento desse subproduto, como por exemplo, sua utilização para a produção de etanol de segunda geração.

Pelo estudo realizado por Tango, Carvalho e Soares (2004) das composições químicas dos caroços de diversas variedades de abacate, pode-se observar que em média o caroço possui 61,9% de umidade, 20,1 % de amido, 9,3% de carboidratos.

O teor de amido presente na semente do fruto mostra que seu uso na obtenção de etanol torna-se possível, podendo a mesma ser hidrolisada enzimaticamente para formar açúcares fermentáveis por leveduras que realizam a fermentação e excretam etanol como produto de seu metabolismo.

O amido é considerado a principal substância de reserva das plantas superiores e fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Depois dos açúcares mais simples (sacarose, glicose, frutose, maltose), é o principal carboidrato que os vegetais superiores sintetizam a partir da fotossíntese (CEREDA, 2001).

O amido é acumulado nos vegetais na forma de grânulos insolúveis, os quais são formados por dois componentes, a amilose e a amilopectina, que aparecem na proporção média de 25 e 75%, respectivamente. A amilose é um polissacarídeo formado de cadeias lineares helicoidais de resíduos de glicose unidos entre si por ligações glicosídicas α -1,4. Cada volta da espiral pode ser formada por cerca de seis unidades de glicose. A amilopectina constitui a fração altamente ramificada do amido. É formada por várias cadeias de resíduos de glicose unidas entre si por ligações glicosídicas α -1,4 das quais partem ramificações com ligações α -1,6 a cada série de 25 a 30 resíduos de glicose (GONÇALVES, 2006).

Para a produção de etanol a partir de matérias-primas amiláceas é necessária a hidrólise do amido, pois este não é fermentado pela levedura alcoólica. A hidrólise dos biopolímeros constituinte dos grânulos de amido quebra as ligações glicosídicas progressivamente, gerando cadeias mais curtas de dextrinas, maltose e glicose. (ZANIN et al., 2000).

O amido pode ser hidrolisado por duas vias diferentes, hidrólise ácida e hidrólise enzimática. A hidrólise enzimática permite maior controle da distribuição final de oligossacarídeos e é responsável pela obtenção dos mais importantes amidos modificados comerciais, enquanto a hidrólise ácida é inespecífica (GONÇALVES, 2006).

O processo utilizado com maior frequência nas unidades industriais é o enzimático. Neste processo, utilizam-se duas enzimas, uma para a liquefação e outra para a sacarificação do amido. A liquefação é catalisada por uma enzima que hidrolisa o amido em dextrinas e polímeros menores promovendo a liquefação do meio. Na segunda etapa, é utilizada uma enzima sacarificante que completa a hidrólise produzindo glicose. A natureza, a dosagem, a temperatura, o pH e o tempo de ação desta enzima influenciam na composição final da solução após a sacarificação (MERCIER, 1985).

Em processos de degradação de polissacarídeos, geralmente é utilizada uma endoenzima, a α -amilase, associada amiloglucosidase. Na hidrólise, espera-se que as primeiras formem moléculas menores de substrato facilitando assim a ação da amiloglucosidase. As pupulanases apresentam especificidade para hidrolisar somente ligações α -1,6 podendo atuar em conjunto com as amiloglucosidasas, em substratos ricos em amilopectinas (CABELLO, 1995). A Tabela 1 descreve as enzimas responsáveis pela hidrólise do amido, sua origem e local de atuação.

Tabela 1: Tipos de enzimas envolvidas no processo de hidrólise do amido.

Enzima	Origem	Ação
α -amilase	Bacteriano/Fúngico	Atuam aleatoriamente sobre as ligações α -1,4 gerando dextrina como a maltose e oligossacarídeos
Amiloglucosidase	Fúngico	Atuam sobre as ligações α -1,4 e α -1,6 nas extremidades redutoras gerando β -glicose

Fonte: Adaptado de Román (2008)

Na fermentação alcoólica os açúcares são convertidos em etanol e CO₂, sendo um processo anaeróbio catalisado por enzimas. Este processo é realizado principalmente por leveduras, em nível citoplasmático, com o objetivo de produzir energia, que será utilizada em suas atividades fisiológicas, crescimento e reprodução, sendo, o etanol, tão somente, um subproduto desse processo (LIMA et al., 2001).

Diante disso, o trabalho teve como objetivo ofertar uma nova alternativa de produção de etanol, a partir da hidrólise enzimática do caroço do abacate.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de Tecnologia de Bioprodutos do departamento de Engenharias e Exatas da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina.

Os frutos utilizados são provenientes da região de Assis Chateaubriand e foram colhidos em seu estado de maturação quando ainda se apresentavam firmes.

Enzimas

As enzimas utilizadas para conversão do amido foram a α -amilase Termamyl® 2X e amiloglicosidase AMG 300L.

Caracterização da matéria-prima

Para a caracterização da matéria-prima foram colhidos 10 abacates aleatórios, pesados e desmembrado seus três componentes: caroço, polpa e casca. Calculou-se o peso médio e a porcentagem e teor de umidade da casca, caroço e semente a partir dos métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). De acordo com Muir & O’Dea (1992), alterar a forma física do alimento permite uma maior facilidade de acesso das enzimas amilolíticas, portanto todos os componentes do abacate foram triturados.

Teor Umidade

O teor de umidade das amostras foi determinado conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), usando estufa com circulação de ar a 105°C durante 3 horas, resfriado em dessecador até temperatura ambiente e pesado em balança analítica, repetindo o processo até manter peso constante.

Hidrólise Enzimática do Caroço

Para a sacarificação do caroço, foi misturado 1L de água destilada com 500g da amostra em um béquer, corrigiu-se o pH para 6,5. Posteriormente a correção do pH, adicionou-se 0,08 mL kg⁻¹ de enzima α -amilase e foi aquecido lentamente até atingir a temperatura de 85°C, onde agregou-se mais 0,52 mL kg⁻¹ de enzima α -amilase, para a liquefação do material. Elevou-se a temperatura até os 90°C deixando-a nesta temperatura por 60 minutos com agitação constante. Transcorrido esse tempo, esfriou-se para 57°C, ajustando o pH entre 4 e 4,5. Depois de ajustado o pH, adicionou-se 0,8 mL kg⁻¹ de enzima amiloglicosidase AML 300L mantendo a temperatura entre 57-70°C por 120 minutos, o final da hidrólise do amido foi realizando com teste do lugol para verificar a presença de amido.

Fermentação

Após a sacarificação, foi adicionado 5,0198g de levedura comercial à solução e mantida à 38°C em estufa “Fanem” por 24 horas.

Destilação

100 mL da amostra fermentada foram submetidos à destilação. O líquido destilado, em torno de $\frac{3}{4}$ do volume inicial foi condensado e recolhido em recipiente contendo 5 mL de água, e após foi preenchido ao volume inicial (100mL) e seu teor de álcool foi determinado por densímetro, de acordo com ABNT NBR 5992:2008

Teor de óleo na polpa

Após a separação da polpa fresca das outras partes da fruta, a polpa foi triturada e seca em estufa a 85 °C por 24 horas. O óleo bruto foi extraído pelo processo de extração por solvente em extrator Solab SL201 utilizando o éter de petróleo para a extração. Posteriormente, o solvente foi evaporado em estufa “Nova técnica” modelo NT-510-D, obtendo-se o óleo bruto.

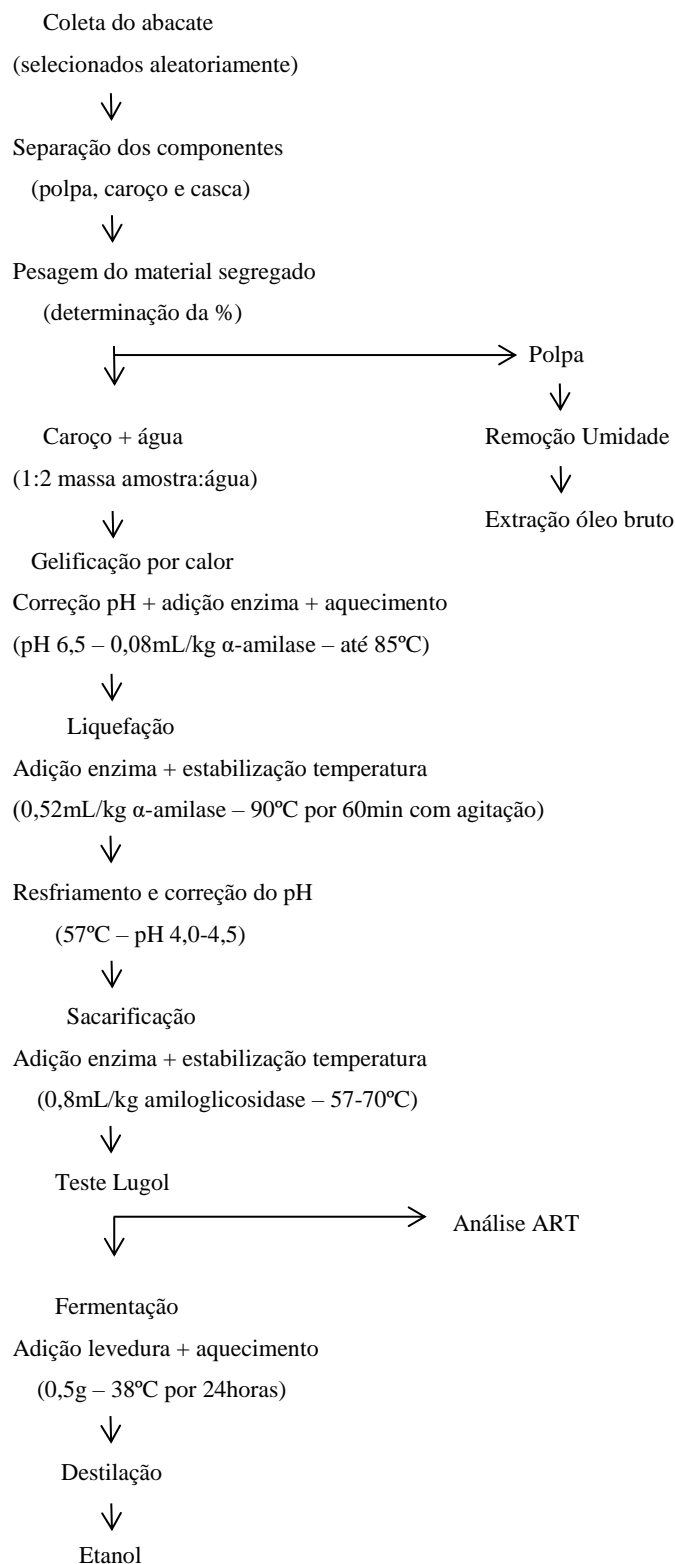


Figura 1: Fluxograma do processo

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os abacates utilizados apresentaram peso médio de 635,6g. Determinou-se a proporção média de cada componente do fruto (casca, caroço e polpa) e a umidade das mesmas, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Proporção de casca, caroço e polpa presentes no fruto e suas respectivas porcentagens de umidade.

	Componentes do fruto		
	Casca	Caroço	Polpa
Proporção (%)	9,50	15,89	74,61
Umidade (%)	62,12	39,90	67,51

No estudo realizado por Tango et al. (2004) constatou-se uma alta correlação linear negativa entre os teores de amido e de umidade encontrados nos caroços dos frutos. Variedades que apresentaram umidade em torno de 60%, aproximadamente da amostra obtida no presente estudo, continham pouco mais de 20% de teor de amido. Vale observar que as porcentagens de umidade diminuem com a maturação, podendo haver influência das condições climáticas, sendo menores na época de inverno, cujo período tem menor intensidade de chuvas (BLEINROTH; CASTRO, 1992).

Depois do processo de hidrólise, fermentação e destilação da amostra em triplicata, determinaram-se as concentrações de etanol, utilizando-se a técnica por densímetro. O volume de etanol presente na amostra a 20°C correspondeu a 4,8%. Passaretti (2008), hidrolisou enzimaticamente as sementes de abacate, apresentando uma média de 26,01 L de etanol produzido por tonelada de semente. Em contra partida, este trabalho apresentou um produção de 44L de etanol produzido por tonelada de semente, apresentando uma eficiência superior de 69,16%. Essa diferença pode dar-se pelos processos de hidrólise e enzimas utilizadas.

Tango, Carvalho e Soares (2004) estudaram o teor de amido presente no caroço do abacate, apresentando um teor médio de 20,1%. Assim, teoricamente, em uma tonelada de caroço apresenta-se 201kg de amido. A hidrólise do amido quebra as ligações entre as moléculas de glicose gerando cadeias mais curtas de maltose e glicose (ZANIN et al., 2000). É possível determinar a concentração de amido a partir da concentração de açúcares redutores. A reação de hidrólise aumenta 11,1% em massa ao incorporar uma molécula de

água em cada unidade de glicose anidra (monômero), componentes das amiloses e amilopectinas.

Ou seja, 100g de amido teoricamente produzem 111,1g de glicose. Ainda, Lloyd e Nelson (1984) descrevem que a conversão de amido a glicose atinge até 94% em peso. Assim, a metodologia da AOAC (1975) utiliza um fator de conversão de 90% assumindo assim que 100,0 g de amido produzem 100,0 g de glicose.

Baseando-se nos autores, podemos entender que, teoricamente, os 200kg de amido após hidrolisado resultam em 200kg de açúcares redutores totais.

De acordo com Steinle (2013), o rendimento teórico de etanol por grama de glicose consumida é 0,511 gramas, ou seja, 51,1%. Desta maneira, 102,2kg de etanol são produzidos a partir de 200kg de açúcares totais, ou seja, 130.06 L. O volume de álcool produzido no trabalho foi de 44L, apresentando assim um rendimento de 33,83%.

Buscando determinar o conteúdo de óleo presente na polpa, foi realizada a extração com o solvente de Éter de Petróleo em aparelho extrator, resultando num percentual médio de 21,80% de óleo presente na polpa.

Buosi (2013), avaliando a extração do óleo da polpa do abacate para produção de biodiesel, verificou um rendimento de apenas 21% do óleo para a obtenção do biodiesel. Assim, mostra-se que o biodiesel, além de ser de primeira geração, necessita de quantidades extremamente elevadas de polpa para a obtenção de óleo além de apresentar um baixo rendimento de biodiesel.

CONCLUSÕES

A proposta para este trabalho baseou-se em analisar o potencial de produção de etanol em vez de biodiesel a partir do abacate. Com os resultados, é possível assegurar a viabilidade da obtenção de etanol tendo o caroço de abacate como matéria prima, sendo obtidos 44L de etanol por tonelada de caroço hidrolisado, com um rendimento na fermentação e destilação de 33,83%. A polpa do fruto apresenta potencial para produção de biodiesel, porém a utilização deste alimento como matéria prima para biocombustível (biodiesel) caracteriza o mesmo como sendo de primeira geração. Porém o aproveitamento do caroço, resíduo do abacate, substituindo desta maneira a cana-de-açúcar, para produção de biocombustível (bioetanol) sendo este de segunda geração, pois não concorre com a produção de alimentos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), **Estudo sobre as especificações internacionais para os biocombustíveis**. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br>>. Acesso em 14.jun 2016.
- ANTUNES, J.F.G.; AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M. **Impactos ambientais das queimadas de cana-de-açúcar**. Pelotas, 27 jan. 2012. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/27-01_gc_cana.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2016.
- AOAC – **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12^a ed. Washington, 1975.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5992: **álcool etílico e suas misturas com água - determinação da massa específica e do teor alcoólico - método do densímetro de vidro**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2008. 5 p
- BARWICK, M. **Tropical & Subtropical trees**. Na Encyclopedia. North América, 2004, 484p.
- BLEINROTH, E.W.; CASTRO, J.V. **Matéria-prima**. In: **ITAL Abacate – cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. Campinas: ITAL, 1992. p. 58-148.
- BRASIL, Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, de 14/01/2005, n.10.
- BUOSI, G. M. **Extração do óleo de abacate (*Persea americana mill.*) visando à produção de biodiesel e sua caracterização**. 2013. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2013.
- CABELLO, C. **Identificação de parâmetros para monitoramento de processo contínuo de hidrólise enzimática, na produção de glicose a partir de fécula de mandioca**. 1995. 208 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu, 1995.
- CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 1, 2001. p. 221. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, n. 1).
- DAIUTO, E.R.; SIMON, J.W.; VIEITES, R.L.; CARVALHO, L.R.; RUSSO, V.C. **Aceitabilidade e viabilidade tecnológica da elaboração de dois produtos de abacate ‘Hass’**. Revista Iberoamericana de TecnologíaPostcosecha, México, v. 13, n.1, p.66-75, 2012.

- FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Statistics database**. Disponível em: <<http://www.fao.org/>> Acesso em: 29 jun. 2016.
- GONÇALVES, A. Z. L. **Produção de α -amilase e glucoamilase termoestável pelo fungo termófilo *Thermomyces lanuginosus* TO-03 por fermentação submersa e em estado sólido e caracterização das enzimas**. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Microbiologia Aplicada) -Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2013. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 jun. 2016.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020
- LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIN, H. V. **Produção de etanol**. In: BIOTECNOLOGIA. São Paulo: E. Blucher, 2001. v. 3, cap. 1, p. 1-43
- LLOYD, N.E., NELSON, W.J. **Glucose and fructose containing sweeteners from starch**. In: WHISTLER, R., BEMILLER, J.N., PASCHALL, E.F. *Starch Chemistry and Technology*, 2^a ed. Orlando: Academic Press, 1984, p. 611-60
- MERCIER, C.; COLONNA, P. **Starch and enzymes: innovations in the products, process and uses**. Biofutur, BonchevBulgaria, v. 1, p. 55-58, 1989.
- PASSARETTI, J. F. **Avaliação de hidrólises enzimáticas no caroço de abacate para produção de etanol**. Monografia – UNESP – FC, 41f. 2008.
- ROMÀN, M. G. **Transformación de almidones: tecnología de los cereales**. Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Curso 2007/2008. Granada. España, 2008.
- SALGADO, J.M.; DANIELI, F.; REGINATOD'ARCE, M.A.B.; FRIAS, A.; MANSI, D.N. **O óleo de abacate (*Persea americana* Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.28, p.20-26, 2008. Suplemento
- STEINLE, L.A. **Fatores que interferem na fermentação alcoólica**. 2013. 58 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão do Setor Sucroenergético, Universidade Federal de São Carlos, Sertãozinho, 2013.
- TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. **Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo**. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal, ab. 2004, v. 26, n. 1.
- VASCONCELOS, N. M. **Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3, 5-dinitrosalicílico: histórico do desenvolvimento do método e estabelecimento de um**

protocolo para o laboratório de bioprocessos – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013.

ZANIN, G.M. et al. **Brazilian Bioethanol Program Applied Biochemistry and Biotechnology**. 2000, v.84-86, p. 1147-1161.