

Fabrcio Vieira Dutra¹, Adriana Dias Cardoso², Mariana Costa Rampazzo³, Alcebiades Rebouças São José⁴
^{1 2 3 4} Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Qualidade de frutos de espécies de *Passiflora* sp.

Fruit quality of species of *Passiflora* sp.

Resumo. Plantas do gênero *Passiflora* sp. produzem frutos de qualidade que são utilizados para o consumo fresco, para fins industriais e/ou processado para fabricação de suco. Dessa forma, é importante a avaliação de características físico-químicas do maracujá para obtenção de informações das propriedades organolépticas e do sabor dos frutos, visto que são necessárias para a garantia da qualidade no mercado *in natura* e na indústria. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar características físico-químicas de frutos de espécies do gênero *Passiflora* sp. Foram utilizados frutos em estágio de maturação fisiológica, provenientes dos municípios de Vitória da Conquista e de Cândido Sales, Bahia. As características avaliadas foram: massa do fruto; comprimento e espessura do fruto; massa da casca, espessura da casca, volume da polpa, rendimento de suco, pH, sólidos solúveis e acidez titulável. Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variâncias e, posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste t, a 5 % de probabilidade. As espécies *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg, *Passiflora cincinnata* Mast. e *Passiflora haematostigma* Mart. ex Mast. apresentam variabilidade genética. A espécie *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg apresenta características desejáveis para o processamento industrial. **Palavras-Chave:** maracujá, morfologia, físico-química, variabilidade

Abstract. Plants belonging to the genus *Passiflora* sp. bear fruits of quality, which are used for fresh consumption, industry, and/or processed for juice production. It is important to assess passion fruit physicochemical characteristics so as to obtain information about their organoleptic properties, thereby ensuring quality for fresh fruit markets and the industry. The aim of this work was to assess physicochemical characteristics of fruits of species belonging to the genus *Passiflora* sp. We used fruits collected at different maturation stages in the municipalities of Vitória da Conquista and Candido Sales, state of Bahia, Brazil. We evaluated the following characteristics: fruit weight, length and width; peel weight, peel thickness, pulp volume, juice yield, pH, soluble solids, and titratable acidity. Data were tested for normality and homogeneity of variances. Means were compared using test t at 5% of significance level. The species *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg, *Passiflora cincinnata* Mast. and *Passiflora haematostigma* Mart. ex Mast. have genetic variability. The species *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg has desirable characteristics for industrial processing. **Keywords:** passion fruit, morphology, physicochemical, variability.

Introdução

O maracujá, nome popular dado a várias espécies do gênero *Passiflora*, possui distribuição de 500 espécies entre as regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo que 79 destas encontram-se no Brasil (CARAZIN et al., 2014).

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, sua produção em 2020 foi 690.364 mil toneladas do fruto, tendo a região Nordeste como a maior produtora (61%), seguida pela região Sudeste (15%) (IBGE, 2022). O estado da Bahia é o segundo maior produtor nacional, com volume de produção de 197.160 mil toneladas, correspondendo 30,82% da produção brasileira, com destaque os municípios Dom Basílio, Livramento de Nossa Senhora e Rio Real (IBGE, 2022).

A maior parte da produção desses frutos é destinada para a comercialização *in natura* e a aparência é o critério mais utilizado pelo mercado consumidor para avaliar a qualidade dos

frutos. Uma fruta de qualidade é aquela que atende às expectativas dos diferentes segmentos consumidores, nas suas características internas e externas. As internas estão relacionadas ao sabor (sólidos solúveis e acidez) e conteúdo de suco (rendimento). Dentre os atributos externos, os mais exigidos são o tamanho do fruto, massa do fruto, coloração da casca e ausência de injúrias físicas (CAVICHIOLO et al., 2011).

As informações sobre o tamanho e massa dos frutos e das sementes podem ser utilizadas para a conservação e exploração dos recursos de valor econômico, permitindo incremento contínuo da busca racional e uso eficaz dos frutos, além de detectar a variabilidade dentro de uma mesma população ou entre populações de uma mesma espécie (ZUFFO et al., 2014).

Quanto às características químicas, as indústrias exigem frutos de maracujá para processamento da polpa com teor de sólidos solúveis acima de 15%, mas a grande maioria dos frutos produzidos no Brasil contém teores abaixo deste valor. Nas indústrias de processamento, os frutos com altos teores de sólidos solúveis e elevada acidez permitem maior garantia de vida útil pós-colheita dos produtos oriundos do processamento da polpa (MEDEIROS et al., 2014).

Assim, a importância econômica do fruto do maracujazeiro está diretamente associada à produção e qualidade de suco concentrado. Dessa forma, é de necessário que se realize estudos relacionados às características morfológicas físicas e químicas destes frutos para obtenção de parâmetros de qualidade a ser utilizados na indústria.

Portanto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o potencial genético das espécies do gênero *Passiflora* sp. sobre as características físico-químicas de frutos para processamento industrial.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista em setembro de 2016.

Utilizou-se frutos de três espécies de *Passiflora* sp., maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg), maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) adquiridos do Centro Econômico de Abastecimento Sociedade Anônima (CEASA), no município de Vitória da Conquista, Bahia e *P. haematostigma* Mart. ex Mast. (*Passiflora haematostigma* Mart. ex Mast.) proveniente do povoado dos Macacos, distrito de Lagoa Grande, em Cândido Sales, Bahia, todos em estágio de maturação fisiológica.

As características físicas avaliadas foram: a) Massa do fruto: a partir da pesagem de cada fruto utilizando balança com precisão de 0,001 g; b) Comprimento do fruto: determinado da base até o ápice, com auxílio de régua graduada; c) Largura: medida na linha mediana, utilizando-se paquímetro digital com precisão de 0,05 mm; d) Massa da casca: pesagem da casca de frutos em balança semianalítica, expressa em gramas; e) Espessura da casca: medida na região equatorial do fruto com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,05 mm; f) Volume da polpa: os frutos foram cortados para extração e determinação do volume da polpa bruta medido em uma proveta graduada; g) Rendimento de suco: o suco foi obtido, batendo-se a polpa no liquidificador, no módulo pulsar, para separar as sementes, passando em seguida por peneira de malha fina. Posteriormente, determinou-se rendimento de suco pela relação entre volume da polpa e a massa do fruto, expresso em porcentagem.

Para a avaliação das características químicas, os frutos foram macerados em liquidificador para obtenção da polpa, e submetida às determinações: a) pH determinado utilizando-se um potenciômetro digital Marte, modelo MB-10, segundo a técnica da AOAC (1992); b) Sólidos solúveis avaliado por meio de refratômetro ATTO Instruments, WYT-4, Hong Kong, segundo a AOAC (1992) e expressos em °Brix; c) Acidez titulável obtida por meio da titulação com solução de NaOH 0,1N e indicador a fenolftaleína, de acordo com o método Lutz (1985) e expressa em percentagem de ácido cítrico. Para o maracujá, o ácido orgânico predominante é o ácido cítrico.

A análise estatística foi realizada utilizando o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 9.1. Os dados foram submetidos a testes de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade de variâncias (Cochran e Bartlett) e, posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste t, a 5 % de probabilidade.

Resultados e discussão

Observou-se diferença significativa entre as espécies de maracujá para as características comprimento, largura e massa dos frutos. A espécie maracujá amarelo apresentou maior comprimento, largura e massa de frutos quando comparadas as espécies de maracujá do mato e *P. haematostigma* Mart. ex Mast. (Tabela 1). Estas características são de importância comercial para o maracujá, pois podem estar relacionadas com o rendimento do suco. Coelho et al. (2011) avaliando o rendimento em suco do maracujá amarelo em função do tamanho dos frutos, verificaram que frutos menores tendem a apresentar menor rendimento de suco. Além disso, frutos maiores e mais pesados contribuem para a aceitação dos consumidores e agrega valor ao produto. Portanto, os frutos do maracujá amarelo apresentaram características mais promissoras para a exploração comercial do que os frutos de maracujá do mato e *P. haematostigma* Mart. ex Mast.

Tabela 1. Comprimento (COMP), largura (LARG) e massa do fruto (MF) de frutos de espécies de maracujá. Vitória da Conquista, BA, 2022.

Espécies	COMP (mm)	LARG (mm)	MF(g)
<i>P. cincinnata</i> Mast.	48,30 c	58,59 b	70,06 b
<i>P. haematostigma</i> Mart. ex Mast.	55,93 b	47,63 b	64,33 b
<i>P. edulis</i> Sims f. <i>flavicarpa</i> Deg	90,28 a	75,36 a	182,24 a

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Diversos autores trabalhando com a cultura do maracujá encontraram valores superiores e inferiores para massa do fruto de maracujá amarelo quando comparado ao obtido neste estudo: Chagas et al. (2016) de 252,55 g e Campos et al. (2013) de 145,00 g. Os valores de massa de frutos de maracujá do mato e de *P. haematostigma* Mart. ex Mast. foram inferiores, isso deve-se ao fato de serem espécies silvestres e ainda não sofreram alterações com o melhoramento genético, o que pode ser evidenciado pela diferença de massa entre as espécies em estudo.

Para Trentin et al. (2014), os frutos de maracujá encontrados nas feiras livres, geralmente, são produzidos na região e não são classificados pelo tamanho, portanto, habitualmente possuem massa menor. Além disso, a comercialização de frutos menores nas feiras livres é

devido à falta de uma agroindústria processadora na região que poderia absorver estes frutos e assim os frutos mais pesados poderiam ir para o mercado *in natura*.

A massa média obtida foi de 182,24 g para a maracujá amarelo, sendo considerado viável economicamente. No entanto, a massa dos frutos de maracujá do mato e *P. haematostigma* Mart. ex Mast. 70,06 e 64,33, respectivamente, não apresentaram valores consideráveis para fins industriais.

Para as características espessura e massa da casca, observou-se diferença significativa entre as espécies. O maracujá amarelo foi superior ao maracujá do mato e *P. haematostigma* Mart. ex Mast. (Tabela 2).

Tabela 2. Espessura da casca (EC), massa da casca (MCASCA), rendimento do suco (RS) e volume da polpa (VP) obtidos de frutos de espécies de *Passiflora* sp. Vitória da Conquista, BA, 2022.

Espécies	EC (mm)	MCASCA (g)	RS (%)	VP (mL)
<i>P. cincinnata</i> Mast.	5,04 b	26,76 b	55,50 a	99,75 b
<i>P. haematostigma</i> Mart. ex Mast.	5,20 b	28,84 b	68,25 a	112,25 b
<i>P. edulis</i> Sims f. <i>flavicarpa</i> Deg	6,80 a	97,24 a	62,71 a	168,63 a

*Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Na busca por frutos com qualidades físicas e químicas, a redução da espessura da casca é uma característica importante que deve ser considerada na escolha de novas variedades de maracujá. Neves et al. (2013), ao estudarem a espessura da casca de frutos de maracujá amarelo, encontraram valores que variaram de 5,73 a 7,61 mm, corroborando com o valor encontrado neste trabalho.

Em relação às espécies maracujá do mato e *P. haematostigma* Mart. ex Mast. apresentaram valores inferiores para a característica espessura da casca, o que significa um ponto favorável para as espécies, pois são preferidos os frutos que possuem casca mais fina, pois tendem apresentar maior quantidade de polpa.

A massa da casca está diretamente relacionada a sua espessura, sendo assim, frutos com maior espessura apresentam maior massa da casca. Segundo Lima & Yamanishi (2012), 74% dos consumidores observam a espessura da casca dos frutos antes de comprar. Este é um dos métodos que o consumidor usa para determinar o estado de maturação e conservação da fruta.

Observa-se, na Tabela 2, que não houve diferença entre as espécies do gênero *Passiflora* sp. para o rendimento do suco. O rendimento do suco é uma característica importante para a indústria de processamento, sendo que para alguns autores, os frutos devem possuir o rendimento a partir de 33% (COELHO et al., 2010). Assim, as espécies do gênero *Passiflora* sp. estudadas neste estudo apresentaram resultados satisfatórios para serem comercializadas.

De acordo Santos et al. (2017), existe preferência por frutos com casca mais fina e a obtenção de máximo rendimento do suco por quilograma adquirido. Oliveira et al. (2011) também verificaram o maior rendimento de suco quando os frutos são maiores e com a casca mais fina. Os resultados obtidos neste trabalho mostram que os frutos das diferentes espécies apresentaram tamanhos diferentes, porém não houve diferença no rendimento do suco.

Autores trabalhando com a cultura do maracujá encontraram valores superiores e inferiores de rendimento de suco ao obtido neste estudo: 35% (COELHO et al., 2011), 34% a 42% (ANDRADE NETO et al., 2015), Santos et al. (2017) estudando produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades encontraram valores variando de 31,4% a 33,33%.

Para a característica volume da polpa, observa-se que os frutos de maracujá amarelo apresentaram o volume da polpa superior as demais espécies do gênero *Passiflora* sp. (Tabela 2). O volume da polpa é correlacionado diretamente com as características do tamanho dos frutos, massa da casca, comprimento e largura dos frutos. Desta forma, frutos de maracujá amarelo apresentam características favoráveis para comercialização.

No trabalho realizado por Magalhães (2010), também verificou que volume de polpa encontrado nos frutos do maracujá amarelo foi superior ao encontrado nos frutos do maracujá do mato, o que indica variabilidade genética das espécies do gênero *Passiflora* estudada.

Para Meletti et al. (2011), o rendimento em polpa admitido como adequado, tanto para o consumo do maracujazeiro-amarelo ao natural como para indústria, é superior a 50%. Dessa forma, os frutos de maracujá amarelos avaliados neste estudo apresentam características desejáveis para o processamento industrial.

Na Tabela 3, verifica-se que os frutos de maracujá amarelo e *P. haematostigma* Mart. ex Mast. apresentaram maior teor de sólidos solúveis em relação às demais espécies avaliadas. O teor de sólidos solúveis totais é uma característica importante que tem sido utilizado como indicador da qualidade dos frutos destinados à industrialização. Os Padrões de Identidade e Qualidade (PIC) para a polpa de maracujá estabelecida pela instrução normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000), indicam que os frutos devem apresentar valor mínimo de 11°Brix, desta forma, os frutos de *P. haematostigma* Mart. ex Mast. estão adequados para o processamento.

O teor de sólidos solúveis também é usado como índice de maturidade para alguns frutos e indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa das frutas, sendo os açúcares os maiores responsáveis pelo teor total desses sólidos (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Desta forma, quanto mais alto for o teor de sólidos solúveis, menor é a quantidade de frutos necessária para a concentração do suco (SANTOS et al., 2017).

Houve variação no teor de sólidos solúveis total entre as espécies do gênero *Passiflora* sp. (Tabela 2). Essa variação foi também verificada por Greco et al. 2014, estudando parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro azedo no Distrito Federal de 10,97 a 13,77 °Brix. Para Gadelha et al. (2009), o teor de sólidos solúveis nos frutos pode variar com a quantidade de precipitação durante a safra, fatores climáticos, variedade, solo, entre outros.

Para a característica pH, observa-se na Tabela 3, que apenas os frutos de *P. haematostigma* Mart. ex Mast. apresentaram pH superior aos demais frutos das espécies de *Passiflora* sp. De acordo a legislação brasileira, o pH deve apresentar 2,7 a 3,8 para polpa de maracujá (BRASIL 2000), sendo assim os frutos das diferentes espécies do gênero *Passiflora* sp. avaliados neste trabalho não estão dentro dos padrões dos limites estabelecidos.

Tabela 3. Sólidos solúveis (SS), pH e acidez titulável (ATT) de frutos de espécies de maracujá. Vitória da Conquista, BA, 2022

Espécies	SS (°Brix)	pH	ATT (%)
<i>P. cincinnata</i> Mast.	9,63 b	2,34 b	8,40 a
<i>P. haematostigma</i> Mart. ex Mast.	11,70 a	2,53 a	4,14 c
<i>P. edulis</i> Sims f. <i>flavicarpa</i> Deg	10,43 a	2,36 b	5,66 b

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

O pH é um parâmetro importante para determinar de forma indireta a acidez de frutos. Além disso, a avaliação do pH nos alimentos é um fator de importância fundamental na limitação dos tipos de microrganismos capazes de se desenvolver em um alimento, exercendo influência sobre o crescimento, a sobrevivência ou a destruição destes microrganismos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em trabalhos avaliando o pH de frutos de maracujazeiros, Favorito et al. (2017) estudando a qualidade e a conservação pós-colheita de frutos de maracujá amarelo sob armazenamento verificaram valores entre 3,24 a 3,42. A variação no pH dos frutos de maracujá, provavelmente, pode estar relacionada a fatores como condições edafoclimáticas e materiais genéticos, o que pode ser justificado os valores obtidos neste trabalho.

Na mesma Tabela, observa-se que os frutos de maracujá do mato apresentaram acidez titulável superior em relação aos demais frutos avaliados. Para o mercado *in natura*, os consumidores preferem frutos mais doces e menos ácidos, conforme verificado por Cavichioli et al. (2011). Vários fatores podem influenciar a acidez dos frutos, assim, o melhoramento genético busca selecionar materiais genéticos que atendem os requisitos industriais.

Conclusões

1. As espécies *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg, *Passiflora cincinnata* Mast. e *Passiflora haematostigma* Mart. ex Mast. apresentam variabilidade genética.
2. A espécie *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg apresenta características desejáveis para o processamento industrial.

Referências bibliográficas

ANDRADE NETO, R. C.; RIBEIRO, A. M. A.S.; ALMEIDA, U. O. Caracterização química, rendimento em polpa bruta e suco de diferentes genótipos de maracujazeiro azedo. In: ENCONTRO NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 1. Anais... Paraíba, 2015.

AOAC. *Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists*. 12th ed. Washington: DC, 1992. 1115p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. *Instrução Normativa nº 1*, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 jan. 2000.

CAMPOS, V.B.; FOGAÇA, T. S.; ALMEIDA, W. L.; BARBOSA, J. A.; OLIVEIRA, M. R. T.; GONDIM, S. C.; CALVACANTE, L. F. Caracterização física e química de frutos de maracujá-amarelo comercializados em Macapá, Amapá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.15, p.27-33, 2013. Disponível em: <http://www.bibliotekevvirtual.org/revistas/RBPA/v15n01/v15n01a04.pdf>. Acesso em: 14 julho. 2022.

CAZARIN, C. B. B.; SILVA, J. K.; COLOMEU, T. C.; ZOLLNER, R. L.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R. Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural*, v.44, p.1699-1704, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/kC6bmwdcf4D5KLBXpDbTB4C/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 julho. 2022.

CAVICHIOLO, J.C.; CÔRREA, L. S.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. Características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-amarelo enxertado em três portas-enxerto. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, p. 905-914, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/cNjXNSLmfpsJKzPMRx3MqBJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 julho. 2022.

CHAGAS, K.; ALEXANDRE, R. S.; SCHIMDILT, E. R.; BRUCKNER, C. H.; FALEIRO, F. G. Divergência genética em genótipos de maracujazeiro azedo, com base em características físicas e químicas dos frutos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, p. 524-531, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/Q76VTPggJCwvbDb4FdHr3sn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 julho. 2022.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. p.783.

COELHO, A. A.; CENCI, S. A.; RESENDE, E. D. Rendimento em suco e resíduos de maracujá em função do tamanho dos frutos em diferentes pontos de colheita para o armazenamento. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.13, p.55-63, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51882/1/2011-075.pdf>. Acesso em: 14 julho. 2022.

COELHO, A. A.; CENCI, S. A.; RESENDE, E. D. Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes pontos de colheita e após o amadurecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, p. 722-729, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/NHcQgVyLqHmS3qGyKdGPrGL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 julho. 2022.

FAVORITO, P. A. VILLA, F.; TAFFAREL, L.E.; ROTILI, M. C. C. Qualidade e conservação pós-colheita de frutos de maracujá-amarelo sob armazenamento. *Scientia Agrária Paranaenses*, v. 16, p. 449-453, 2017. Disponível em: [file:///D:/usuario/Downloads/ojkuhn,+Gerente+da+revista,+Artigo+6++Processo+15271%201\).pdf](file:///D:/usuario/Downloads/ojkuhn,+Gerente+da+revista,+Artigo+6++Processo+15271%201).pdf). Acesso em: 14 julho. 2022.

GADELHA, A.J.F.; ROCHA, C.O.; VIEIRA, F.F.; RIBEIRO, G.N. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de abacaxi, acerola, cajá e caju. *Caatinga*, v.22, p.115-118, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1012/pdf>. Acesso em: 14 julho. 2022.

GRECO, S. M. L.; PEIXOTO, J R.; FERREIRA, L. M. Avaliação física, físico-química e estimativas de parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro azedo cultivados no Distrito Federal. *Bioscience Journal*, v. 30, p. 360-370, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/19858/14548>. Acesso em: 14 julho. 2022.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acessado em: 14 julho. 2022.

LUTZ, I.A. *Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análises de alimentos*. 3ª. ed. São Paulo, v. 1, 1985, 533 p.

LIMA, M.M.; YAMANISHI, O.K. *Análise do mercado consumidor de maracujá da RIDE*. 21 p. 2012. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/2/595.pdf>. Acesso: 14 julho. 2022.

MAGALHÃES, A.C.B. *Caracterização de frutos e sementes e germinação de *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener e *Passiflora cincinnata* Mast*. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, p. 81, 2010. Disponível em: http://www.rgv.uefs.br/arquivos/File/Downloads/teses_e_dissertacoes/antoniocarlos_dissertacao_completa.pdf. Acesso em: 14 julho. 2022.

MEDEIROS, W. J. F.; OLIVEIRA, F.I. F.; CAVALCANTE, L. F.; COSTA, L. C.; ROCHA, R. H. C.; SILVA, A. R. Qualidade química em frutos de maracujazeiro amarelo cultivado em solo com biofertilizantes bovino. *Magistra*, v.26, p.156-168, 2014.

MELETTI, L.M.M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, p. 83-91, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/5rBdcDy8svLq75bdZJxYM9G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 julho. 2022.

NEVES, C.G.; JESUS, O. N.; LEDO, C. A. S.; OLIVEIRA, E. J. Avaliação agrônômica de parentais e híbridos de maracujazeiro- amarelo. *Revista Brasileira Fruticultura*, v. 35, p. 191-198, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/m4mCLprpqQ6sC6tBxbCfLNn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 julho. 2022.

OLIVEIRA, E M. S. de.; REGIS, S. A.; RESENDE, E. D. Caracterização dos resíduos da polpa do maracujá-amarelo. *Ciência Rural*, v.41, p.725-730, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/jf5DwFw7zDVtgTx6CbGNh4q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 julho. 2022.

SANTOS, V. A.; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. R.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.16, p.33-40, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/223811711612017033/pdf>. Acesso em: 14 julho. 2022.

TRENTIN, J.P.R.; DALBOSCO, E. Z.; ALBUQUERQUE, A. N.; KRAUSE, D. P.; KRAUSE, W. Qualidade de frutos de maracujá azedo comercializados em Tangará da Serra – MT. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, p. 1580 – 1586, 2014. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/AGRARIAS/qualidade%20de%20frutos.pdf>. Acesso em: 14 julho. 2022.

ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; PETTER, F.A.; SOUZA, T.R.S.; PIAUILINO, A.C. Posição e profundidade de semeadura na emergência e desenvolvimento inicial de mudas de *Anacardium microcarpum* Ducke. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.9, p.556-561, 2014. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v9i4a2721/632>. Acesso em: 14 julho. 2022.

¹Fabricio Vieira Dutra. Engenheiro agrônomo, mestre e doutorando em agronomia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus Vitória da Conquista, BA. E-mail: fabriciovieira94@hotmail.com, telefone (77) 98821-7932.

²Adriana Dias Cardoso. Engenheira agrônoma, Doutora em agronomia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus Vitória da Conquista, BA. Atualmente é professora do departamento de Fitotecnia e Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. E-mail: adriuesb@yahoo.com.br;

³Mariana Costa Rampazzo. Engenheira agrônoma, mestre e doutoranda em agronomia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus Vitória da Conquista, BA. E-mail: anairam.rampazzo@gmail.com;

⁴Alcebiades Rebouças São José. Engenheiro agrônomo, Doutor em agronomia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus Vitória da Conquista, BA. Atualmente é professor adjunto do departamento de Fitotecnia e Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. E-mail: alcebiades@uesb.edu.br.

^{1 2 3 4} Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus Vitória da Conquista, BA. Estr. Bem Querer, Km-04 - 3293, 3391 – Campus de, Candeias – BA, 45083-900. (77) 98821-7932.

Este artigo:

Recebido em: 05/2022

Aceito em: 07/2022

Como citar este artigo:

DUTRA, F. V.; et al. Qualidade de frutos de espécies de *Passiflora* sp. *Scientia Vitae*, v.14, n.38, p. 01-09, jul./ago./set. 2022.

Douglas André Wurz¹, Alcemir Nabir Kowal², Rabechl Stange de Almeida³, Thalia Aparecida Silva Maciel⁴, Thuany Levandoski Jansen⁵

^{1,2,3,4}Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Canoinhas

Efeito da aplicação foliar de silício na ocorrência do míldio (*Plasmopora viticola*) e podridão cinzenta (*Botrytis cinerea*) da videira 'Niágara Branca' cultivada no Planalto Norte Catarinense

Effect of silicon application on occurrence of downy mildew (*Plasmopora viticola*) and Botrytis bunch rot (*Botrytis cinerea*) on 'Niágara Branca' grapevine cultivated in Planalto Norte Catarinense

Resumo. A indução de resistência realizada pela utilização de silício tem trazido resultados interessantes no controle de doenças, sendo a prática incluída nos programas de manejo integrado. Tem-se como objetivo deste trabalho avaliar o efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na ocorrência do míldio e podridão cinzenta na videira 'Niágara Branca' cultivada no Planalto Norte Catarinense. O trabalho foi realizado durante a safra 2019 em vinhedo comercial sobre um talhão da cultivar Niágara Branca, localizado no município de Canoinhas – Santa Catarina. Os tratamentos consistiram nas seguintes doses de silícios: 0 g L⁻¹ Silício (testemunha – aplicação de água), 150 g L⁻¹ Silício, 300 g L⁻¹ Silício e 450 g L⁻¹ Silício, sendo utilizado o produto comercial (Agrasil®, 99 % Si). Avaliou-se: incidência máxima, severidade máxima, AACPID e AACPSD do míldio e da podridão cinzenta. Os dados referentes as condições climáticas apresentaram condições favoráveis a ocorrência das doenças fúngicas, com destaque para o míldio e a podridão cinzenta. A busca por alternativas mais sustentáveis de controle das principais doenças fúngicas torna-se necessária, e a aplicação do silício para controle do míldio e da podridão cinzenta da videira 'Niágara Branca' torna-se uma alternativa viável e eficiente, havendo indicativo da dose de 150 g L⁻¹ Silício ser a dosagem mais adequada para as condições do presente estudo. **Palavras-chave:** *Vitis labrusca*, manejo integrado de doenças, controle alternativo.

Abstract. The induction of resistance carried out by the use of silicon has brought interesting results in the control of diseases, and the practice is included in integrated management programs. The objective of this work is to evaluate the effect of foliar application of different doses of silicon on the occurrence of downy mildew and botrytis bunch rot in the grape 'Niágara Branca' cultivated in the Planalto Norte Catarinense. The work was carried out during the 2019 harvest in a commercial vineyard on a plot of the cultivar Niágara Branca, located in the municipality of Canoinhas - Santa Catarina State. The treatments consisted of the following doses of silicon: 0 g L⁻¹ Silicon (control – application of water), 150 g L⁻¹ Silicon, 300 g L⁻¹ Silicon and 450 g L⁻¹ Silicon, using the commercial product (Agrasil®, 99% Si). The maximum incidence, maximum severity, AACPID and AACPSD of downy mildew and botrytis bunch were evaluated. The data referring to climatic conditions showed favorable conditions for the occurrence of fungal diseases, with emphasis on downy mildew and botrytis bunch rot. The search for more sustainable alternatives to control the main fungal diseases becomes necessary, and the application of silicon to control downy mildew and gray rot of the 'Niágara Branca' grape becomes a viable and efficient alternative, with an indication of the dose of 150 g L⁻¹ Silicon would be the most adequate dosage for the conditions of the present study. **Key words:** *Vitis labrusca*, integrated disease management, alternative control.

Introdução

O silício se acumula nos tecidos de plantas e pode melhorar o desenvolvimento de várias espécies vegetais, além de proporcionar maior resistência a pragas e doenças, seja pela promoção de uma barreira mecânica ou pelo acúmulo de compostos fenólicos, que impedem a infecção por patógenos e diminuem a palatabilidade aos insetos praga (GOUSSAIN, et al, 2002). Trabalhos publicados vêm demonstrando o efeito benéfico das aplicações de silício, reduzindo efeitos prejudiciais de estresses bióticos e abióticos, como resistência a patógenos e insetos,

estresse hídrico, salinidade, toxidez por metal pesado (GUNTZER et al., 2012; GONZALO et al., 2013; BOCKHAVEN et al., 2013, KOWAL et al., 2020; WURZ et al.; 2021).

A eficiência do silício no manejo de doenças pode ser atribuída ao estágio fenológico da planta, que ativará com maior intensidade e velocidade os mecanismos de defesa da planta, influencia a concentração de compostos fenólicos, lignina e fitoalexinas, além de enzimas de defesa e antioxidantes (DALLAGNOL et al., 2015; RAHMAN et al., 2015; SILVA et al., 2015).

A indução de resistência causada através da utilização de silício tem trazido resultados interessantes no controle de doenças, sendo a prática incluída nos programas de manejo integrado (POZZA et al., 2015). Nesse contexto, tem-se como objetivo deste trabalho avaliar o efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na ocorrência do míldio e podridão cinzenta na videira 'Niágara Branca' cultivada no Planalto Norte Catarinense.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado durante a safra 2019 em vinhedo comercial sobre um talhão da cultivar Niágara Branca, localizado no município de Canoinhas, Santa Catarina (26°12'49.0"S 50°26'37.6"O; altitude 870m). A região é caracterizada por temperatura média anual entre 17 e 18°C, precipitação de 1.500 a 1.700 mm em média, relevo plano a ondulado e solos de média fertilidade (WREGGE et al., 2012). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro blocos e dez plantas por blocos.

Foi utilizado vinhedo da variedade Niágara Branca enxertada sobre o portaenxerto 'VR 043-43' implantado em 2014. O vinhedo se caracteriza por apresentar plantas espaçadas de 3,0 x 1,5 m, em filas dispostas no sentido N-S, conduzidas em manjedoura em sistema de poda mista, a 1,5m de altura. Os tratamentos culturais (poda, desfolha, desbrota, desponte e tratamentos fitossanitários) foram realizados pelo produtor rural de acordo com as recomendações dos responsáveis técnicos pela propriedade.

Os tratamentos consistiram nas seguintes doses de silícios: 0 g L⁻¹ Silício (testemunha – aplicação de água), 150 g L⁻¹ Silício, 300 g L⁻¹ Silício e 450 g L⁻¹ Silício, sendo utilizado o produto comercial (Agrasil®, 99 % Si). Utilizaram-se 500 ml de calda por planta, até o ponto de escorrimento, aplicados com pulverizador costal elétrico, em intervalos de quinze dias, a partir do estágio fenológico baga chumbinho, totalizando quatro aplicações de silício, sendo realizado durante a safra 2018/2019, e avaliou-se míldio nas folhas e podridão cinzentas nos cachos da videira Niágara Branca.

A incidência e a severidade do míldio foram avaliadas ao surgimento dos primeiros sintomas, em intervalos de 15 dias, sob condições de infecção natural. A incidência foi calculada pela porcentagem das folhas com, pelo menos, uma lesão em relação ao número total avaliado. Para avaliação da severidade foi utilizada a escala diagramática de Buffara et al., (2014). Para cada repetição foram avaliados dez ramos medianos marcados aleatoriamente e 24 folhas para cada tratamento.

A incidência de *Botrytis cinerea* foi obtida através de avaliação visual, sendo verificada a presença ou ausência de sintomas da doença. Sendo a incidência calculada pela porcentagem de cachos que apresentavam ao menos uma lesão em relação ao número total de cachos. Para a severidade de *Botrytis cinerea*, as avaliações iniciaram ao surgimento dos primeiros sintomas, em intervalos de 7 dias, sob condições de infecção natural. Foram demarcados 20 cachos/parcela,

totalizando 80 cachos para cada tratamento, marcados aleatoriamente, e as avaliações foram realizadas através de escala diagramática proposta por Hill et al., (2010).

Com os dados obtidos foram plotadas curvas de progresso da incidência e da severidade do míldio e da podridão cinzenta e a epidemia foi comparada em relação ao: valor máximo da incidência (I_{max}) (%) e severidade (S_{max}) (%); Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência (AACPID) e da Severidade (AACPSD) da doença. Para o cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso de Doença (AACPD) utilizou-se a fórmula: $AACPD = \sum ((Y_i + Y_{i+1})/2)(t_{i+1} - t_i)$, onde Y representa a intensidade (incidência e severidade) da doença, t o tempo e i o número de avaliações no tempo (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir de Estação Meteorológica Automática Telemétrica do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM), localizada na Estação Experimental da EPAGRI em Canoinhas – Santa Catarina. As variáveis meteorológicas foram: temperatura média do ar ($^{\circ}C$) e precipitação pluviométrica (mm) diária durante os meses de maio a janeiro da safra 2018/2019 (Figura 1).

Os dados das médias de incidência da doença foram transformados pelo arco seno da raiz quadrada para normalização da distribuição estatística. As variáveis foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e quando detectadas efeitos de tratamento, procedeu-se o teste de comparação de médias pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Resultados e Discussão

Os dados referentes as condições climáticas observadas durante a realização da avaliação da aplicação de silício no controle do míldio e da podridão cinzenta apresentaram condições favoráveis a ocorrência das doenças, onde observou-se de junho/18 a janeiro/19, precipitação total de 977,6 mm, temperatura média de 18,0 $^{\circ}C$ e umidade relativa média do ar de 87,2% (Figura 1). De acordo com Allebrandt et al. (2017), a combinação de chuvas e temperaturas amenas promovem condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças fúngicas na cultura da videira. De bem et al. (2015), corrobora e afirma que combinação de altos volumes de chuvas, alta umidade relativa são fatores que favorecem o aparecimento da doença, principalmente na primavera e verão.

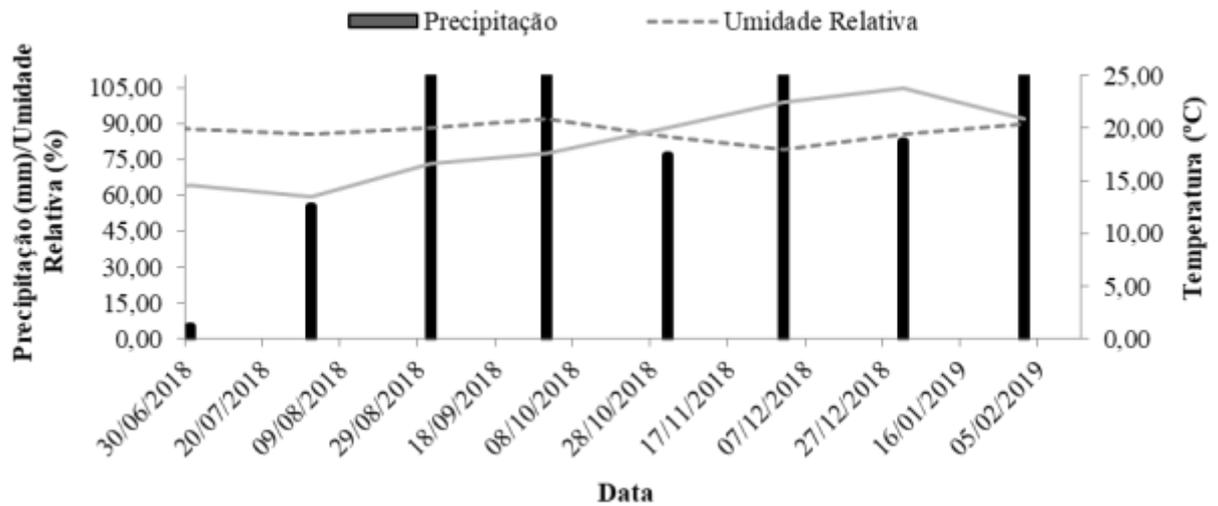


Figura 1 - Fluxograma do processo de extração em série.
Fonte – acervo pessoal

Os dados referentes ao efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício nas variáveis epidemiológicas do míldio da videira estão descritos na Tabela 1. Verificou-se que a aplicação de silício apresenta efeito na redução da ocorrência da doença, no entanto, não se observou efeito significativo entre as diferentes doses aplicadas.

A incidência máxima do míldio da videira (%) foi observado no tratamento controle (sem a aplicação do silício), com valor de 56,4%. Os demais tratamentos não diferiram entre si, com valores de 31,1%, 37,7% e 33,1% de incidência para as dosagens de 150, 300 e 450 g L⁻¹ silício, respectivamente, indicando portanto, que o aumento da dose não resulta em redução mais intensa da doença. Essa mesma tendência é observada para a variável severidade máxima, onde o tratamento controle apresentou valor 8,3% de severidade, enquanto as doses de 150, 300 e 450 g L⁻¹ silício, apresentaram severidade da doença de 1,6, 2,2 e 1,3%, respectivamente. Para Cassel et al. (2021), é possível perceber que o silício é um elemento que gera muitos benefícios aos vegetais, tais como, maior resistência à infecção de doenças fúngicas.

Para as variáveis AACPID e AACPSD verificou-se comportamento distinto. Para ambas as variáveis, os maiores valores foram observados para o tratamento testemunha (sem aplicação de silício), com valor de 2097,4 e 226,7 para AACPID e AACPSD, respectivamente. Em relação as diferentes dosagens de silício, para a variável AACPID, os menores valores foram observados para o tratamento 150 e 450 g L⁻¹ Silício, com valor de 820,4 e 679,4, respectivamente, contudo, o tratamento de 150 g L⁻¹ Silício não diferiu estatisticamente da aplicação de 300 g L⁻¹ Silício, que apresentou valor de AACPID de 1134,2. Em relação a variável AACPSD, os menores valores foram verificados com a aplicação de silício nas doses de 150 e 450 g L⁻¹ Silício, apresentando valores de 39,1 e 26,7, respectivamente, seguido da aplicação de 300 g L⁻¹ Silício, com valor de 65,7. Trabalho realizado por Wurz et al. (2021), com a aplicação de silício na videira 'Bordô', observou que a dose de 150 g L⁻¹ Silício foi a mais eficiente para controle do míldio, contudo, ressalta-se que as doses de 300 e 450 g L⁻¹ Silício reduziram a incidência e severidade de míldio em comparação a plantas não submetidas a aplicação de silício.

Segundo Dann; Muir (2002), o silício vem sendo utilizado na prevenção de doenças de plantas, devido ao seu acúmulo no tecido epidérmico, protegendo a cutícula da folha e a parede celular, e dessa forma, resultando em aumento da resistência à degradação por enzimas liberadas pelos fungos.

Tabela 1 – Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na incidência e severidade da doença, área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPID) e severidade (AACPSD) de míldio da videira ‘Niágara Branca’ cultivada no Planalto Norte Catarinense, safra 2018/2019.

Tratamentos	Incidência Máxima (%)	Severidade Máxima (%)	AACPID	AACPSD
0 g L ⁻¹ Silício	56,4 a	8,3 a	2097,4 a	226,7 a
150 g L ⁻¹ Silício	31,1 b	1,6 b	820,4 c	39,1 c
300 g L ⁻¹ Silício	37,7 b	2,2 b	1134,2 bc	65,7 b
450 g L ⁻¹ Silício	33,1 b	1,3 b	679,4 c	26,7 c
CV (%)	14,1	20,2	20,2	19,7

*Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na figura 2 observa-se efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na área abaixo da curva de progresso da incidência do míldio. Os primeiros sintomas começam a ser observados início de novembro de 2018, e ao final do mês de novembro observa-se um aumento expressivo dos valores da AACPID, para todos os tratamentos, com destaque para o tratamento testemunha que apresentou os maiores incrementos na AACPID, com estabilização da AACPID no início de janeiro, e ocorrendo a última avaliação em 10 de janeiro de 2019.

Observou-se que todos os tratamentos avaliados apresentaram aumento da AACPID no mesmo período, no entanto, o tratamento testemunha (sem aplicação de silício), desde o início do aparecimento dos sintomas apresentou maior incremento das variáveis epidemiológicas na unidade experimental.

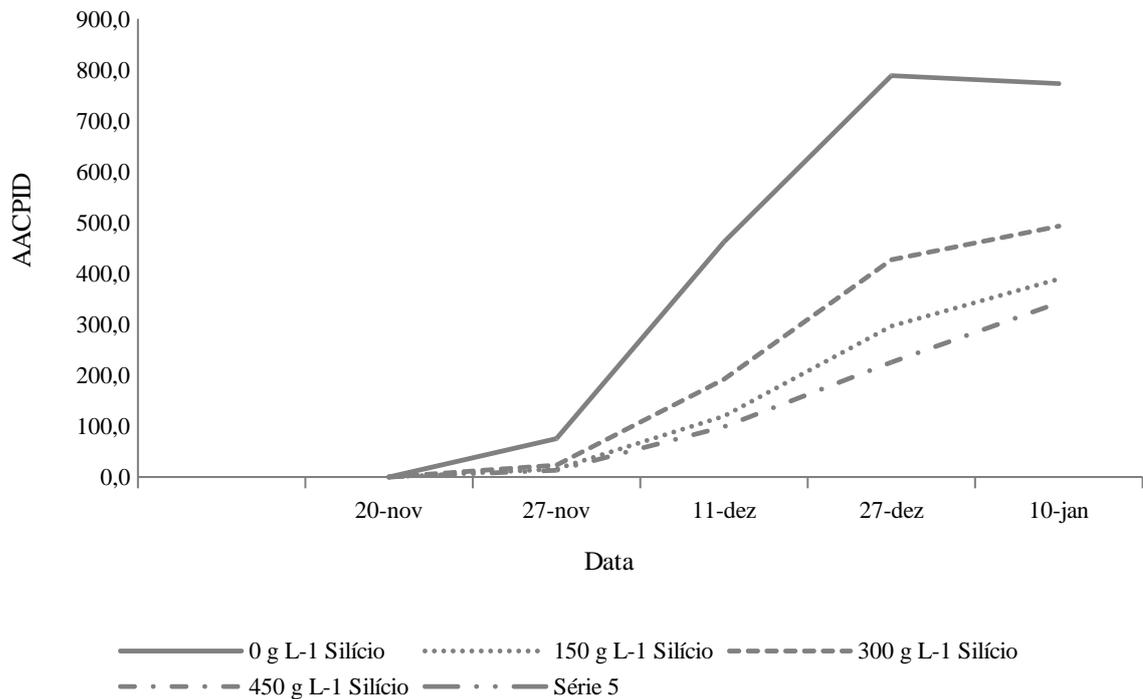


Figura 2 – Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPID) do míldio da videira ‘Niágara Branca’ cultivada no Planalto Norte Catarinense, safra 2018/2019.

Na figura 3 observa-se efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na área abaixo da curva de progresso da severidade do míldio. A partir da metade do mês de novembro é possível verificar aumento dos valores relacionados a AACPSD, e a partir do dia 27/nov o tratamento testemunha apresentou aumento significativo dos valores da AACPSD, e este apresentou acréscimo até a última data de avaliação, em 10/jan.

Em relação aos tratamentos submetidos a aplicação de diferentes doses de silício, verificou-se que os incrementos dos valores da AACPSD foram lentos e de forma pouca evidenciada, indicando portanto, que a utilização do silício foi efetiva para controlar o avanço da doença a campo.

Na figura 3 observa-se efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na área abaixo da curva de progresso da severidade do míldio. A partir da metade do mês de novembro é possível verificar aumento dos valores relacionados a AACPSD, e a partir do dia 27/nov o tratamento testemunha apresentou aumento significativo dos valores da AACPSD, e este apresentou acréscimo até a última data de avaliação, em 10/jan.

Em relação aos tratamentos submetidos a aplicação de diferentes doses de silício, verificou-se que os incrementos dos valores da AACPSD foram lentos e de forma pouca evidenciada, indicando portanto, que a utilização do silício foi efetiva para controlar o avanço da doença a campo.

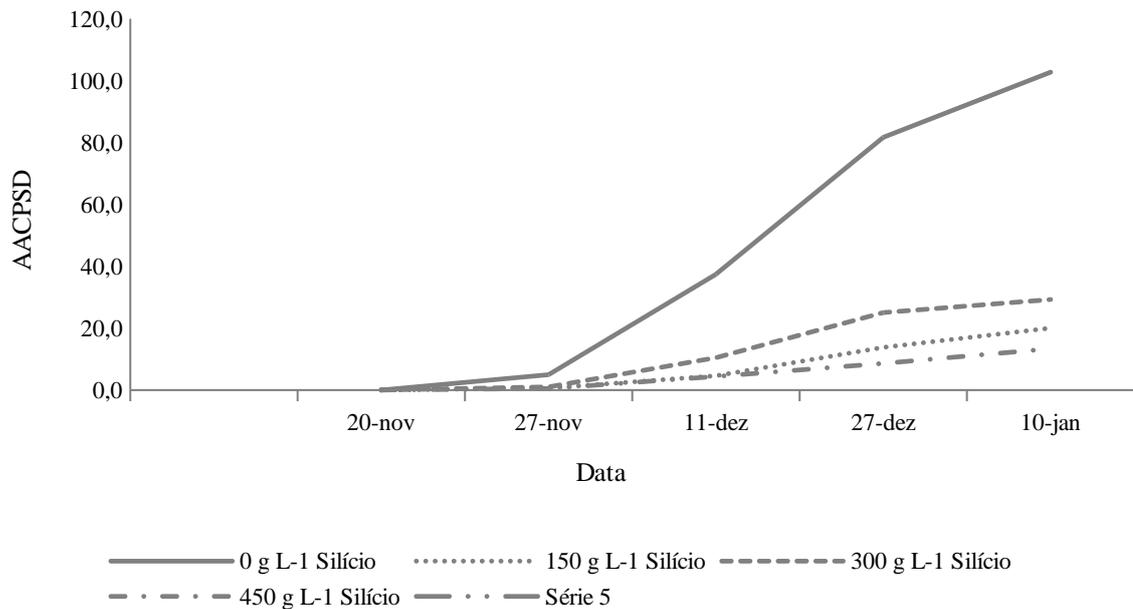


Figura 3 – Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na área abaixo curva progresso da severidade (AACPSD) do míldio da videira ‘Niágara Branca’ cultivada no Planalto Norte Catarinense, safra 2018/2019.

Os dados referentes ao efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício nas variáveis epidemiológicas da podridão cinzenta estão descritos na Tabela 2. Para esta variável destaca-se uma efetividade da utilização do silício na prevenção da podridão cinzenta, pois em todas as variáveis epidemiológicas, apenas nos cachos avaliados para o tratamento testemunha apresentam incidência da doença, com valor de 19,0%, enquanto o valor de severidade observado foi de 0,4%, estes podem ser classificados como valores baixos, que não representam prejuízos no momento da colheita. Em relação as variáveis AACPID e AACPSD, observou-se valores de 108 e 2,9, respectivamente, para o tratamento testemunha (sem aplicação de silício). Kowal et al. (2020), com a cultura do morangueiro, verificou redução da ocorrência de podridão em frutos, com a aplicação de doses de silício, havendo aumento da eficiência de controle com o aumento da dose aplicado. No presente estudo com a videira ‘Niágara Branca’, todas as doses testadas foram eficientes para evitar o surgimento da doença, indicando, a eficiência do silício na redução de danos causados pelo patógeno.

Para Vilela (2009), com a aplicação de silício verifica-se aumento da resistência da parede celular, resultando em resistência das plantas à incidência de doenças e pragas. Para Silva et al. (2012), o Si promove uma barreira física pré-infecção, esse efeito acontece através da deposição deste elemento na parede celular das plantas, pela formação de uma dupla camada de sílica amorfa e salificação das células, efeito que ocasiona dificuldade penetração de microrganismos fitopatogênicos (Rodrigues et al., 2003), e nesse sentido, a aplicação de silício pode ter propiciado uma camada mais espessa na película das bagas da videira, evitando a ocorrência de podridão cinzenta nos cachos.

Além dos fatores citados acima, A eficácia do Si no controle de doenças em plantas pode ser resultado da ativação do estado de ‘priming’ da planta a qual ativará com maior velocidade e intensidade mecanismos de defesa das plantas, com o aumento da concentração de compostos fenólicos, lignina e fitoalexinas, bem como à maior atividade de enzimas de defesa e

antioxidantes (GUERRA et al., 2013; DALLAGNOL et al. 2015; RAHMAN et al., 2015; SILVA et al., 2015).

Tabela 2 – Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na incidência e severidade da doença, área abaixo da curva de progresso da incidência e severidade de podridão cinzenta da videira ‘Niágara branca’ cultivada no Planalto Norte Catarinense, safra 2018/2019.

Tratamentos	Incidência Máxima (%)	Severidade Máxima (%)	AACPID	AACPSD
0 g L ⁻¹ Silício	19,0 a	0,4 a	108 a	2,9 a
150 g L ⁻¹ Silício	0 b	0 b	0 b	0 b
300 g L ⁻¹ Silício	0 b	0 b	0 b	0 b
450 g L ⁻¹ Silício	0 b	0 b	0 b	0 b

*Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na figura 4 observa-se efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na área abaixo da curva de progresso da incidência da podridão cinzenta, e em função dos dados observados, apenas o tratamento testemunha apresentou valores para a AACPID. Observa-se a partir do dia 02/jan aumento dos valores da variável AACPID, coincidindo com período de maturação da videira, o qual a partir do dia 10/jan apresentou aumento expressivo da variável AACPID, em função dos cachos estarem em fase final de maturação e ter ocorrido condições climáticas favoráveis para a ocorrência da doença.

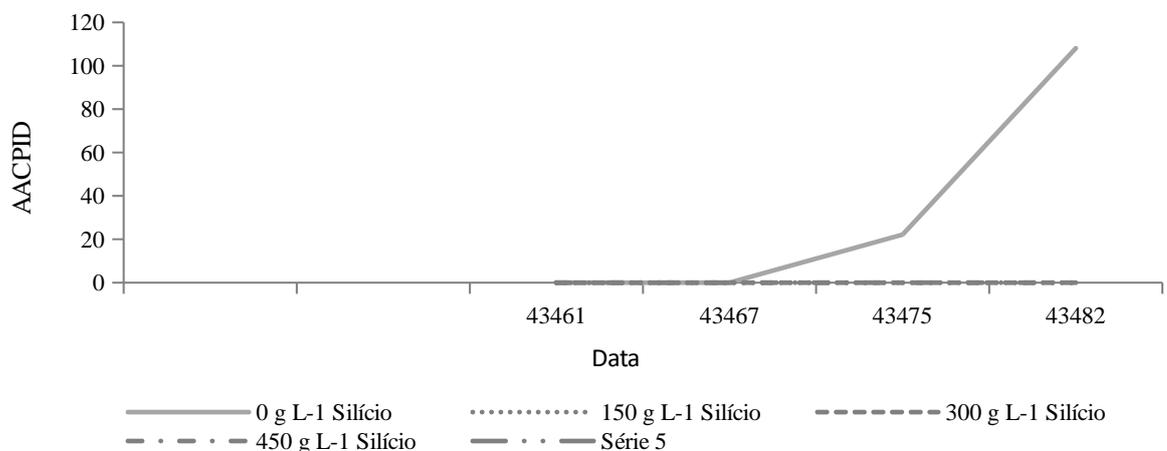


Figura 4 - Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na área abaixo da curva de progresso da incidência da podridão cinzenta da videira ‘Niágara Branca’ cultivada no Planalto Norte Catarinense, safra 2018/2019.

Na figura 5 observa-se efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na área abaixo da curva de progresso da incidência da podridão cinzenta, e em função dos dados observados, apenas o tratamento testemunha apresentou valores para a AACPSD. Observa-se a partir do dia 02/jan aumento dos valores da variável AACPID, e este aumento foi significativo e constante até a última avaliação, indicando portanto, na fase de maturação dos cachos, aumento do progresso da doença em função das condições ambientais favoráveis e predisposição dos cachos a infecção, ocasionado pela compactação de cachos que a variedade Niágara branca apresenta.

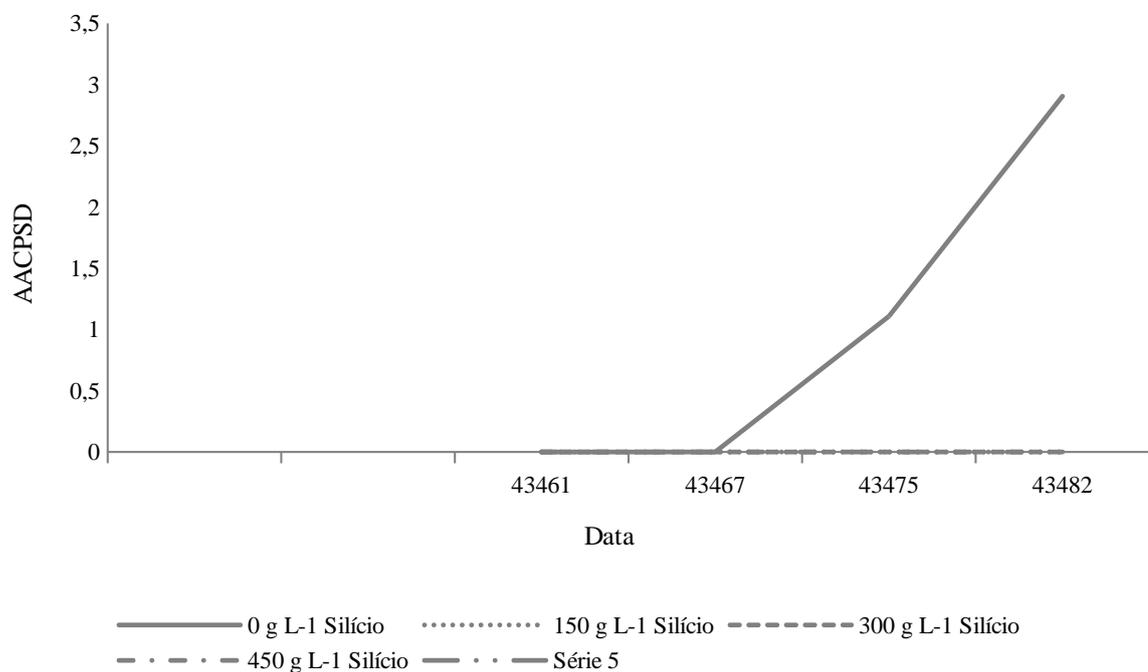


Figura 5 - Efeito da aplicação foliar de diferentes doses de silício na área abaixo curva progresso da severidade da podridão cinzenta da videira 'Niágara Branca' cultivada no Planalto Norte Catarinense, safra 2018/2019.

Outros trabalhos realizados com a aplicação foliar de silício se mostram eficientes no controle de doenças fúngicas em diversas culturas, como o café (Carré-Missio et al., 2012), cevada, trigo e aveia (DATNOFF, 2007), feijão (POLANCO et al., 2012), banana (KABLAN et al., 2012), pêssigo (NASCIMENTO et al., 2014), videira (WURZ et al., 2021). Segundo Kowal et al. (2020), a busca por alternativas mais sustentáveis de controle das principais doenças fúngicas torna-se necessária, e a aplicação do silício para controle do míldio e da podridão cinzenta da videira pode vir a tornar-se uma alternativa viável e eficiente.

Conclusões

A aplicação do silício para controle do míldio e da podridão cinzenta da videira 'Niágara Branca' foi eficiente, havendo indicativo da dose de 150 g L⁻¹ Silício ser a mais adequada para as condições do presente estudo, sendo indicado a realização de novos estudos para consolidação dessa recomendação de manejo de doenças na cultura da videira.

Referências

- ALLEBRANDT, R.; WURZ, D. A.; CANOSSA, A. T.; BEM, B. P.; BONIN, B. F.; RUFATO, L. Suscetibilidade de videiras destinadas à elaboração de suco de uva à antracnose (*Elsinoe ampelina*) e míldio (*Plasmopora viticola*) em Lages/SC. *Revista da Jornada da Pós-Graduação*, Pesquisa Congrega Urcamp, Bagé, v. 14, n. 1, p. 2596-2606, 2017.
- BUFFARA, C. R. C.; ANGELOTTI, F.; VIEIRA, F. A.; BOGO, A.; TESSMANN, D. J.; DE BEM, B. P. Elaboration and validation of a diagrammatic scale to assess downy mildew severity in grapevine. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.44, n.8, p.1384-1391, 2014
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. *Introduction to plant disease epidemiology*. New York: Wiley. 1990. 560 p.
- CARRÉ-MISSIO, V.; RODRIGUES, F. A.; SCHURT, D. A.; REZENDE, D. C.; MOREIRA, W. R.; KORNDORFER, H.; ZAMBOLIM, L. Componentes epidemiológicos da ferrugem do cafeeiro afetados pela aplicação foliar de silicato de potássio. *Tropical Plant Pathology*, v. 37, n.1, p.50-56, 2012
- DALLAGNOL, L. J.; RODRIGUES, F. A.; PASCHOLATI, S. F.; FORTUNATO, A. A.; CAMARGO, L. E. A. Comparison of root versus foliar applied potassium silicate in potentiating post infection defences of melon against powdery mildew. *Plant Pathology*, v. 64, n. 5, p. 1085-1093, 2015.
- DANN, E. K.; MUIR, S. Peas grown in media with elevated plant-available silicon levels have higher activities of chitinases and β -1,3-glucanase, are less susceptible to a fungal leaf spot pathogen and accumulate more foliar silicon. *Australian Plant Pathology*, v. 31, p. 9-13, 2002.
- DATNOFF, L. E.; RODRIGUES, F. A.; SEEBOLD, K.W. *Silicon and plant disease*. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (Eds). *Mineral Nutrition and Plant Disease*. St. Paul EUA. APS Press. pp.233- 246, 2007.
- DE BEM, B. P.; BOGO, A.; EVERHART, S.; CASA, R. T.; GONÇALVES, M.J.; MARCON FILHO, J.L.; CUNHA, I.C. Effect of Y-trellis and Vertical Shoot Positioning Training Systems on Downy Mildew and *Botrytis Bunch Rot* of Grape in Highlands of Southern Brazil. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.185, p.162-166. 2015
- DE BEM, B. P.; BOGO, A.; BRIGHENTI, A. F.; WURZ, D. A.; ALLEBRANDT, R.; STEFANINI, M.; RUFATO, L. Dinâmica temporal do míldio da videira em variedades Piwi na região de San Michele all'Adige, Trentino – Itália. *Summa Phytopathologica*, v. 46, n. 3, p. 212-2020, 2020.
- GALLOTTI, G. J.; ANDRADE, E. R.; SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. R.; GRIGOLETTI, A. *Doenças da Videira e seu controle em Santa Catarina*, 2. ed. Boletim Técnico nº 51. Florianópolis: EPAGRI, 2004.
- GARRIDO, L. R.; SÔNEGO, O. R.; Valdebenito-Sanchueza, R. M. *Controle racional de doenças da videira e da macieira*. In: Stadnik, M.J.; Talamini, V. Manejo ecológico de doenças de plantas. Florianópolis, p.221-244, 2005.
- GONZALO, M. J., LUCENA, J. J.; HERNANDEZ-APAOLAZA, L.; Effect of silicon addition on soybean (*Glycine max*) and cucumber (*Cucumis sativus*) plants grown under iron Deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 70, p. 455-461, 2013.
- GOUSSAIN, L.; MORAES, J.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, v. 31, n. 2, p. 305-310, 2002.

GUERRA, A. M. N.; RODRIGUES, F. A.; BERGER, P. G.; BARROS, A.F.; SILVA, Y. C. R.; LIMA, T. C. Aspectos bioquímicos da resistência do algodoeiro à ramulose potencializada pelo silício. *Bragantia*, v. 72, n. 3, p. 292-303, 2013.

GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER, J. D. Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 32, p. 201-213, 2012.

HILL, G. N.; BERESFORD, R. M.; EVANS, K. J. Tools for accurate assessment of botrytis bunch rot (*Botrytis cinerea*) on wine grapes. *New Zealand Plant Protection*, Auckland, v.63, p.174-181, 2010.

INGRAM, D. S. *Physiology and biochemistry of host parasite interaction*. In: Spencer, D.M (ed.). The Downy mildews. London: Academic Press, p.143-163. 1981.

KABLAN, L.; LAGAUCHE, A.; DELVAUX, B.; LEGR'VE, A. Silicon reduces black sigatoka development in banana. *Plant Disease*, v. 96, p. 273-278, 2012.

KOWAL, A. N.; WURZ, D. A.; FAGHERAZZI, A. F.; RIBEIRO, D. M.; NIZER, M. Aplicação foliar de silício e a redução da ocorrência de doenças fúngicas na cultura do morangueiro. *Revista Eletrônica Científica UERGS*, v. 6, n. 2, edição especial X SBPF, p. 150-154, 2020.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. *Dados da Viticultura* (2018). Disponível em: <http://vitibrasil.cnpv.embrapa.br>, acesso em 08 de maio de 2022.

MOLITOR, D.; BEHR, M.; HOFFMANN, L.; EVERS, D. Impact of grape cluster division on cluster morphology and bunch rot epidemic. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v.63, n.4, p.508-514, 2012.

NASCIMENTO, F. V.; BENDER, R. J.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. UV-C effect and alternative treatments for postharvest control of brown rot in peaches. *Acta Horticulturae*, v. 1053, p. 265-272, 2014.

PIVA, R.; BOTELHO, R. V.; LIMA, P. C. G.; ROMBOLA, A. D. Desenvolvimento, fisiologia e ocorrência de míldio em videiras cv. BRS Margot tratadas com preparados biodinâmicos. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, n.2, p. 472-482, 2019.

POLANCO, L. R.; RODRIGUES, F. A.; NASCIMENTO, K. J. T; SHULMAN, P.; SILVA, L. C.; NEVES, F. W.; VALE, F. X. R. Biochemical aspects of bean resistance to anthracnose mediated by silicon. *Annals of Applied Biology*, v.161, p.140-150, 2012.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; BOTELHO, D. M. S. Silicon in plant disease control. *Revista Ceres*, v. 62, e-331, 2015

RAHMAN, A.; WALLIS, C. M.; UDDIN, W. Silicon-induced systemic defense responses in perennial ryegrass against infection by *Magnaporthe oryzae*. *Phytopathology*, v.105, n.6, p.748- 757, 2015.

RODRIGUES, F. A. Ultrastructural and cytochemical aspects of silicone-mediated rice blast resistance. *Phytopathology*, v. 93, p. 535-546, 2003.

SILVA, M. R., PEREIRA, S. C., RODRIGUES, F. A., ZANÃO JÚNIOR, L. A., FONTES, R. L. & OLIVEIRA, M. G. A. Silicon and manganese on the activity of enzymes involved in rice resistance against brown spot. *Tropical Plant Pathology*, v. 37, p. 339-345, 2012.

SILVA, W. L.; CRUZ, M. F. A.; FORTUNATO, A. A.; RODRIGUES, F. A. Histochemical aspects of wheat resistance to leaf blast mediated by silicon. *Scientia Agricola*, v.72, p.322-327, 2015.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2017-2018. Disponível em <http://webdoc.epagri.sc.gov.br/sintese.pdf>, acesso em 08 de dezembro de 2020.

SHTIENBERG, D. Rational management of Botrytis-incited diseases: Integration of control measures and use of warning systems. In *Botrytis: Biology, pathology and control*. ELAD, Y.; WILLIAMSON, K.; TUDZYNSKI, P.; DELEN, N. (ed.), pp. 335-347. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2007.

TOALDO, I. M.; FOGOLARI, O.; PIMENTEL, G. C.; GOIS, J. S. de; BORGES, D. L. G.; CALIARI, V.; BORDIGNON-LUIZ, M. Effect of grape seeds on the polyphenol bioactive content and elemental composition by ICP-MS of grape juices from *Vitis labrusca* L. *LWT - Food Science and Technology*, v.53, p.1-8, 2013.

TOALDO, I. M.; CRUZ, F. A.; ALVES, T. L.; DE GOIS, J. S.; BORGES, D. L. G.; CUNHA, H. P.; DA SILVA, E. L.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Bioactive potential of *Vitis labrusca* L. grape juices from the southern region of Brazil: Phenolic and elemental composition and effect on lipid peroxidation in healthy subjects. *Food Chemistry*, v.173, p.527-535, 2015.

TOFFOLATTI, S. L.; VENTURINI, G.; MAFFI, D.; VERCESI, A.; Phenotypic and histochemical traits of the interaction between *Plasmopara viticola* and resistant or susceptible grapevine varieties. *BMC Plant Biology*, London, v.12, p.124, 2012.

VAN BOCKHAVEN, J.; DE VLEESSCHAUWER, D.; HÖFTE, M. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way. *Journal of Experimental Botany*, v. 64, p. 1281-1293, 2013.

VILELA, H. *As fontes de silício (silicatos)*. Agronomia: Artigos Científicos, 2009. Disponível em: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_fontes_silicio_brasil.htm Acesso em 12/05/2020.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. *ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL DO BRASIL: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. 2. ed. Brasília DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2012. 334 p.

WURZ, D. A.; MARCON FILHO, J. L.; CANOSSA, A. T.; REINHER, J.; RUFATO, L.; ALLEBRANDT, R.; BEM, B. P.; BRIGHENTI, A. F. Potencial do cultivo de videiras destinadas a elaboração de suco de uva em Lages, Planalto Sul de Santa Catarina. *Revista Eletrônica Científica UERGS*, v. 6, n. 3, p. 176-183, 2020.

WURZ, D. A.; NIZER, M.; ARENDARTCHUCK, C.; KOWAL, A. N.; ALMEIDA, R. S.; MACIEL, T. A. S. Efeito da aplicação foliar de silício no desempenho agrônomo e ocorrência do míldio (*Plasmopora viticola*) na videira 'Bordô' cultivada no Planalto Norte Catarinense. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 16, p. e353101623915, 2021.

¹Douglas André Wurz. Engenheiro Agrônomo, Dr. em Produção Vegetal, Docente de Fruticultura do IFSC Campus Canoinhas. douglas.wurz@ifsc.edu.br;

²Alcemir Nabir Kowal. Discente do Curso Superior Bacharelado em Agronomia, Bolsistas de Iniciação Científica;

³Rabechl Stange de Almeida. Discente do Curso Superior Bacharelado em Agronomia, Bolsistas de Iniciação Científica;

⁴Thalia Aparecida Silva Maciel. Discente do Curso Superior Bacharelado em Agronomia, Bolsistas de Iniciação Científica;

⁵Thuany Levandoski Jansen. Discente do Curso Superior Bacharelado em Agronomia, Bolsistas de Iniciação Científica;

^{1,2,3,4,5} Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Canoinhas, Santa Catarina. Avenida dos Expedicionários, 2150, Bairro Campo da Água Verde.

Este artigo:
Recebido em: 06/2022
Aceito em: 09/2022

Como citar este artigo:

WURZ, D. A.; et al. Efeito da aplicação foliar de silício na ocorrência do míldio (*Plasmopora viticola*) e podridão cinzenta (*Botrytis cinerea*) da videira 'Niágara Branca' cultivada no Planalto Norte Catarinense. *Scientia Vitae*, v.14, n.38, p. 10-22, jul./ago./set. 2022.

Laís Barbosa Zerlotti¹, Marcos Coelho de Oliveira², Melissa Carvalho Martins de Abreu³, Renata Botelho Miguel⁴, Juliano Oliveira Rocha⁵, Wellington Francisco Rodrigues⁶, Camila Botelho Miguel⁷

^{1, 2, 3, 5, 7} Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES, Mineiros/GO, Brasil

⁴Universidade São Judas Tadeu, USJT, São Paulo/SP, Brasil

⁶Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Uberaba/MG, Brasil

A Síndrome de Takotsubo como simuladora do Infarto Agudo do Miocárdio

Takotsubo Syndrome as a simulator of Acute Myocardial Infarction

Resumo. A Síndrome de Takotsubo é uma cardiomiopatia precipitada por estresse emocional ou físico que tem curso clínico semelhante ao do infarto agudo do miocárdio. Apesar de estudos recentes, a fisiopatologia e tratamento específico da doença ainda são incertos. **Objetivo:** Assim, este estudo apresentou como objetivos realizar uma revisão da literatura esclarecendo abordagens diagnósticas e terapêuticas, bem como salientar a importância do diagnóstico diferencial com a síndrome coronariana aguda. **Material e Métodos:** Para isso, foi realizada uma revisão da literatura através da seleção dos trabalhos publicados nos bancos de dados Pubmed, Scielo e Google Acadêmico, compreendidos entre os anos de 2004 a 2022. Foram usados os descritores “Síndrome de Takotsubo”, “Síndrome do Coração Partido” e “Cardiomiopatia induzida por estresse”. **Resultados:** Foram extraídas informações dos trabalhos recuperados de cada plataformas referentes a apresentação clínica, história natural da doença e mecanismos subjacentes fisiopatológicos da cardiomiopatia de Takotsubo. **Conclusão:** Foram identificadas as principais características da Síndrome de Takotsubo, as quais auxiliam na formação do diagnóstico, permitindo correta intervenção naqueles passíveis de mudança. Além disso, o estudo auxilia na disseminação acerca do tema para os profissionais da saúde e população em geral, uma vez que ainda é pouco discutido. **Palavras-chave:** Cardiomiopatia, Síndrome Coronariana Aguda, Estresse.

Abstract. *Takotsubo Syndrome is a cardiomyopathy precipitated by emotional or physical stress that has a clinical course similar to that of acute myocardial infarction. Despite recent studies, the pathophysiology and specific treatment of the disease are still uncertain.* **Objective:** Thus, this study aimed to carry out a literature review clarifying diagnostic and therapeutic approaches, as well as highlighting the importance of differential diagnosis with acute coronary syndrome. **Material and Methods:** For this, a literature review was carried out through the selection of works published in Pubmed, Scielo and Google Scholar databases, between the years 2004 to 2022. The descriptors “Takotsubo Syndrome”, “Broken Heart Syndrome” and “Stress-Induced Cardiomyopathy”. **Results:** Information was extracted from the studies retrieved from each platform regarding the clinical presentation, natural history of the disease and underlying pathophysiological mechanisms of Takotsubo cardiomyopathy. **Conclusion:** The main characteristics of Takotsubo Syndrome were identified, which help in the formation of the diagnosis, allowing correct intervention in those subject to change. In addition, the study helps to disseminate the topic to health professionals and the general population, since it is still little discussed. **Keywords:** Cardiomyopathy; Acute Coronary Syndrome; Stress.

Introdução

Considerada uma patologia benigna, a Síndrome de Takotsubo, também conhecida como Síndrome do Coração Partido ou Síndrome do Balonamento Apical Transitório do Ventrículo Esquerdo é uma doença cardíaca ainda mal definida. É frequentemente induzida por estresse físico ou emocional, acomete com maior intensidade as mulheres com idade acima de 60 anos, apresenta curso clínico semelhante ao do infarto agudo do miocárdio e pode evoluir para complicações graves como até mesmo o óbito. O termo Takotsubo, em japonês, remete a uma

armadilha em forma de pote para a captura de polvos, morfologia semelhante à que o coração adquire na fase aguda da doença. Apesar de várias nomenclaturas, nenhuma descreve com exatidão o aspecto heterogêneo ventricular que pode existir nessa condição (ALVES, et al., 2008; LEMOS, et al., 2008; GHADRI et al., 2018A).

A cardiomiopatia em questão foi descrita pela primeira vez no Japão em 1990. No início, a doença foi considerada endêmica pelo seu acometimento geográfico (AIZAWA & SUZUKI, 2013). Posteriormente, outros estudos foram realizados, entretanto a fisiopatologia e tratamento específico permanecem incertos. Apesar de ser considerada de etiologia desconhecida, a principal hipótese é a de que esta síndrome ocorra por hiperestimulação do sistema simpático, provocando elevação das catecolaminas. Outros mecanismos também foram propostos, como doença aterosclerótica oculta, espasmo multivasos e disfunção microvascular (GHADRI et al., 2018A; NÓBREGA & BRITO, 2012).

Visto que fatores físicos e emocionais afetam todos os indivíduos em algum momento de suas vidas e apenas uma pequena parcela desenvolve quadro compatível com a cardiomiopatia de Takotsubo, é de suma importância identificar os fatores predisponentes individuais. Mulheres em período pós-menopausa, pessoas com suscetibilidade genética e indivíduos com transtornos psiquiátricos e neurológicos são considerados de maior risco para desenvolvimento da síndrome. Segundo Ghadri e colaboradores (2018A), estima-se que a prevalência da Síndrome de Takotsubo seja subestimada. Registros apontam que a cardiomiopatia em pauta representa cerca de 1 a 3% das alterações eletrocardiográficas com elevação do segmento ST (SST) em ambos os sexos e que o sexo feminino seja o mais acometido, abrangendo até 6% das mulheres estudadas. Apesar de diversas variantes morfológicas descritas, existem quatro principais tipos de apresentação da Síndrome de Takotsubo, sendo diferenciados conforme local de acometimento ventricular. São os tipos basal, apical, focal e médio ventricular.

O diagnóstico é realizado através do estudo hemodinâmico pela cineangiocoronariografia com ventriculografia, considerada padrão-ouro. São observados movimentos discinéticos transitórios da parede anterior do Ventrículo Esquerdo (VE) com acentuação da cinética da base ventricular em sua forma de apresentação mais comum. Associado ao exame, é importante observar alguns critérios específicos, dentre eles (GHADRI, et al., 2018A; MENEGASSIF, et al., 2019):

- ✓ Pacientes apresentam disfunção ventricular esquerda transitória (hipocinesia, acinesia ou discinesia), apresentando-se como balonismo apical, medial ou basal, ou anomalias focais do movimento da parede (a participação ventricular direita pode existir). Além desses padrões de movimento de parede regional, transições entre todos os tipos podem existir;
- ✓ Gatilho emocional, físico ou combinado pode preceder o evento da Síndrome de Takotsubo;
- ✓ Distúrbios neurológicos (por exemplo, hemorragia subaracnóidea, AVC/ataque isquêmico transitório ou convulsões), bem como feocromocitoma podem servir como desencadeador a Síndrome de Takotsubo;
- ✓ Anomalias novas de eletrocardiograma estão presentes (elevação do segmento ST, depressão do segmento ST, inversão da onda T e prolongamento de QT); no entanto, raros casos existem sem alterações no eletrocardiograma;

- ✓ Níveis de biomarcadores cardíacos (Troponina e Creatinofosfoquinase-MB); são moderadamente elevados na maioria dos casos; elevação significativa do Peptídeo Natriurético Cerebral é comum;
- ✓ Doença de artéria coronária significativa não é uma contradição na Síndrome de Takotsubo;
- ✓ Pacientes não têm evidência de miocardite infecciosa;
- ✓ Mulheres na pós-menopausa são predominantemente afetadas.

Além disso, a utilização do ecocardiograma também auxilia na escolha das hipóteses diagnósticas, uma vez que é capaz de identificar alterações segmentares de contratilidade, obstrução na via de saída do VE, insuficiência valvar mitral e disfunção diastólica associada (GOMES & VERAS, 2010). Apesar de comumente a alteração típica da Síndrome de Takotsubo se apresentar de forma transitória, podem existir sequelas irreversíveis.

A Síndrome de Takotsubo é considerada um diagnóstico diferencial da síndrome coronariana aguda, uma vez que os pacientes podem apresentar dor torácica típica, alterações eletrocardiográficas e elevação de biomarcadores cardíacos (JIMÉNEZ & VALLE, 2012).

A ausência de coronariopatias que justifiquem as alterações encontradas é fator fundamental para o diagnóstico, uma vez que pacientes coronariopatas também podem apresentar Síndrome de Takotsubo. Além disso, é importante a realização da cineangiocoronariografia, a qual é capaz de distinguir as duas condições na fase aguda. A diferenciação é de suma importância, uma vez que norteia o tratamento, como a não utilização de fibrinolíticos em situações de síndrome induzida por estresse (REIS & ROSAS, 2010; RODRIGUES, et al., 2015).

Como considerada, de certa forma, uma entidade clínica ainda recente, é plausível que existam trabalhos na literatura com o objetivo de disseminar e elevar o assunto acerca deste tema. O amplo conhecimento para as patologias que se assemelham entre si possibilita diagnósticos mais precisos, bem como tratamento específico e prognóstico otimizado quando possível. Uma vez que a Síndrome de Takotsubo cursa de forma análoga à síndrome coronariana aguda que, por sua vez, é considerada grande parte dos atendimentos de emergência nas instituições de saúde, é necessário conhecimento por parte dos profissionais. Assim, este estudo apresentou por objetivos revisar a literatura sobre a Síndrome de Takotsubo, esclarecendo as abordagens diagnósticas e terapêuticas, bem como salientar a importância do diagnóstico diferencial com a Síndrome Coronariana Aguda.

Material e Métodos

Tipo de estudo e extração dos dados

Este estudo trata-se de uma revisão bibliográfica. Para seleção dos trabalhos utilizados para esta revisão, foram acessados o banco de dados do Pubmed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>), Scielo (<https://www.scielo.org/>) e Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), no decorrer dos anos de 2004 a 2022. Foram usados os descritores: “Síndrome de Takotsubo, Cardiomiopatia, Síndrome Coronariana Aguda” e extraídas informações dos trabalhos recuperados de cada plataforma referentes a apresentação clínica,

história natural da doença e mecanismos subjacentes fisiopatológicos da cardiomiopatia de Takotsubo.

Crítérios de Inclusão e Exclusão

Foram adotados como critérios de inclusão os trabalhos publicados no período compreendido entre 2004 a 2022, que abordassem os tópicos referentes a apresentação clínica, história natural da doença e mecanismos subjacentes fisiopatológicos da cardiomiopatia de Takotsubo. Como critérios de exclusão, não foram utilizados trabalhos com data de publicação anterior ao ano de 2004 e que não abordassem em seus objetivos os pontos referentes à apresentação clínica, história natural da doença e mecanismos subjacentes fisiopatológicos da cardiomiopatia de Takotsubo. Além disso, também não foram analisadas as publicações que tinham enfoque principal que não a propedêutica da patologia em questão.

Resultados e Discussão

A síndrome do coração partido trata-se de uma doença relacionada à estimulação simpática excessiva, ou seja, muito estímulo adrenérgico através da grande quantidade de catecolaminas liberadas na corrente sanguínea. Basicamente, ocorre uma associação entre fatores de risco e estímulos considerados gatilhos para que se inicie a hiperativação simpática (AIZAWA & SUZUKI, 2013; FERNANDES & MONTERA, 2020). Uma vez desencadeada a descarga, o indivíduo suscetível desenvolve uma disfunção ventricular predominantemente no ápice, explicado pelo fato de ser a região mais sensível à ação das catecolaminas (MENDES, et al., 2022). Quando a quantidade dessas substâncias se encontra além do esperado, pode ocorrer função paradoxal por alteração dos receptores beta, fazendo com que o inotropismo seja inibido em vez de estimulado (PELLICCIA, et al., 2014, SZARDIEN, et al., 2013; MENDES, et al., 2022).

Sabe-se que a Síndrome de Takotsubo pode apresentar redução da actina e miosina, proteínas contráteis, promovendo deficiência da contração e relaxamento do miocárdio. Além disso, pode ser acompanhada de distúrbios da microcirculação, apesar de não ser observado em todos os pacientes (SZARDIEN, et al., 2013; MENDES, et al., 2022). Apesar da forma apical ser considerada a clássica, presente na maioria dos casos, outras regiões também podem ser acometidas, como a disfunção no segmento médio, na porção basal ou alterações focais. Uma explicação plausível para a manifestação apical representar a maior parte dos eventos é a de que o ápice do miocárdio apresenta maior número de receptores beta adrenérgicos. Outras formas menos comuns são hipocinesia de ventrículo esquerdo e acometimento isolado de ventrículo direito (LIMONGELLI, et al., 2013; BYBEE, et al., 2004).

Para o desenvolvimento desta síndrome, fatores de risco genéticos, hormonais e neuropsiquiátricos têm suma importância na manifestação da doença. Entretanto, vale ressaltar que, além da predisposição, são necessários gatilhos físicos, emocionais ou associados, para desencadear o quadro clínico. A redução do estrogênio é importante fator relacionado à doença. O déficit desse hormônio provoca a queda da produção de óxido nítrico pelas células endoteliais cardíacas, prejudicando o relaxamento da musculatura lisa e a vasodilatação, levando, conseqüentemente, à vasoconstrição (LIMA & DO NASCIMENTO PAZ, 2021). Esse fator, quando associado à epidemiologia, permite caracterizar o protótipo da doença: mulher pós-menopausada da raça branca (BOSSONE & ERBEL, 2013; TEMPLIN, et al., 2015; SANTOS, et al., 2022).

Algumas mutações podem ser responsáveis pela predisposição à doença, como aquelas que ocorrem nos receptores adrenérgicos, tornando-os mais sensíveis à ação das catecolaminas. Essa regulação simpática pode ocorrer através do número ou afinidade dos receptores. Um exemplo é o feocromocitoma, um tumor produtor de catecolaminas, proveniente das células cromafins, localizadas na região medular da glândula adrenal (PEREIRA, et al., 2004).

GHADRI e colaboradores (2018 A e B) apontam que há intensa relação da ocorrência da ST com algum distúrbio psiquiátrico de base, como depressão e ansiedade. Além disso, alterações neurológicas também podem influenciar, principalmente a hemorragia subaracnóidea, acidente vascular encefálico e convulsões.

Alguns sinais e sintomas como dor torácica típica, exatamente igual à que ocorre na síndrome coronariana aguda precedida de algum evento estressor, físico ou emocional, pode estar associado a palpitações e síncope, já excluídos de outras hipóteses mais comuns (BIETRY, et al., 2013). A probabilidade diagnóstica é avaliada através de critérios como o Intertak Diagnóstico Score, o qual analisa as características mais prevalentes no paciente (Tabela 1).

Tabela 1. Critérios diagnósticos para Síndrome de Takotsubo (Intertak Score).

Sexo feminino	25 pontos
Estresse emocional	24 pontos
Estresse físico	13 pontos
Ausência de depressão do segmento ST	12 pontos
Comorbidade psiquiátrica	11 pontos
Comorbidade neurológica	9 pontos
Prolongamento do intervalo QT	6 pontos

Fonte: GHADRI, J.; WITTSTEIN, I.S.; PRASAD, A.; et al. International Expert Consensus Document on Takotsubo Syndrome (Part II): Diagnostic Workup, Outcome, and Management. **European Heart Journal**, v. 39, p. 2047-2062, 2018.

A partir da pontuação, classifica-se em probabilidade menor que 1% nos casos com menos de 30 pontos, intermediária se entre 30 e 70 pontos e probabilidade maior que 90% quando mais que 70 pontos (GHADRI, et al., 2018B).

Outro ponto importante a se avaliar como diagnóstico para a Síndrome de Takotsubo são as enzimas cardíacas, principalmente as troponinas, podendo estar aumentadas e associadas a um supradesnível do segmento ST visualizado no eletrocardiograma (ECG). A coronariografia costuma ser normal, o que auxilia no diagnóstico diferencial com o infarto agudo do miocárdio. Entretanto, cerca de 15% dos pacientes com Síndrome de Takotsubo têm lesão coronariana obstrutiva associada, a qual não é a responsável pela disfunção regional que ocorre no evento agudo. Por isso, é válido ressaltar que a presença de doença arterial coronariana não é considerada critério de exclusão para a doença (GHADRI, et al., 2018B; SHARKEY, 2013).

O diagnóstico confirmatório é realizado através do ecocardiograma ou ventriculografia durante o cateterismo. A forma focal da Síndrome de Takotsubo é considerada a mais semelhante ao Infarto Agudo do Miocárdio, principalmente quando a disfunção respeita a anatomia coronariana. Em situações assim, faz-se necessário o uso de métodos mais avançados,

como a medicina nuclear e ressonância nuclear magnética (RNM). Esta é muito útil em casos duvidosos, principalmente quando é utilizado o realce tardio, pela sua capacidade de identificar com exatidão as anormalidades de movimento nas paredes ventriculares, bem como edema e fibrose. Além disso, o exame também é utilizado como ferramenta na diferenciação de lesões reversíveis e irreversíveis, como no infarto agudo do miocárdio (ATHANASIADIS, et al., 2013; MENDES, et al., 2022). Muitas vezes, a Síndrome de Takotsubo é diagnosticada através das complicações e não pelos sintomas. Entre as complicações mais comuns, estão a insuficiência cardíaca aguda, obstrução da via de saída de ventrículo esquerdo, insuficiência mitral aguda e choque cardiogênico. Outras complicações podem ocorrer, mas com menor prevalência, como fibrilação atrial, tromboembolismo em ventrículo esquerdo, parada cardiorrespiratória, bloqueio atrioventricular, ruptura do septo interventricular, acidente vascular encefálico e morte (GHADRI, et al., 2018B, RODRIGUES, et al., 2015). Algumas vezes, as intercorrências podem vir associadas, uma vez que acontecem como consequência uma da outra. Pela disfunção ventricular importante, ocorre hipercinesia basal, levando a obstrução da via de saída do ventrículo esquerdo, reduzindo o débito cardíaco e, conseqüentemente, ocasionando choque cardiogênico (TEMPLIN, et al., 2015).

Outra complicação que pode ser explicada é o bloqueio atrioventricular secundário à disfunção do sistema de condução cardíaco ocasionada pelo edema da parede miocárdica. Já as taquiarritmias, como taquicardia ventricular e fibrilação ventricular, podem ser explicadas tanto pela própria descarga adrenérgica como pela inflamação do tecido cardíaco, a qual leva a focos arritmogênicos (GHADRI, et al., 2018B; ALMEIDA JUNIOR, et al., 2020). Assim como a etiologia, a terapêutica é incerta. A Síndrome de Takotsubo é uma doença rara e muito enigmática, com abordagem imprecisa, pela dificuldade de realização de ensaios clínicos randomizados. É prudente que a condução dos casos no pronto socorro seja semelhante a abordagem da síndrome coronariana aguda até que o diagnóstico da Síndrome de Takotsubo seja verificado (SHARKEY, 2013). Ainda não existem estudos randomizados para apoiar a administração de medicações específicas para manejo da Síndrome de Takotsubo, mas o uso de betabloqueadores e anticoagulantes pode ser individualizado caso a caso. Além disso, é recomendado evitar o uso de adrenérgicas, como a noradrenalina e adrenalina (BIETRY, et al., 2013, GHADRI, et al., 2018B).

O prognóstico da Síndrome de Takotsubo em fase aguda se assemelha ao da síndrome coronariana aguda, tendo em vista que muitas das complicações são comuns às duas síndromes, como disfunção ventricular e arritmias, por exemplo. Já a longo prazo, a maioria dos pacientes costuma se recuperar bem, com boa fração de ejeção do ventrículo esquerdo, apesar de existirem situações com desfecho não tão favorável (GHADRI, et al., 2018B). A doença provoca uma disfunção sistólica e diastólica regional do ventrículo esquerdo, porém transitória. Por isso, a maioria dos pacientes se recupera aproximadamente após 4 semanas do evento agudo. Em 1/3 dos casos, o ventrículo direito é acometido junto com as outras formas mais comuns, sendo esta situação um fator de mau prognóstico (SZARDIEN, et al., 2013; MENDES, et al., 2022). Na fase crônica, o uso de inibidores da enzima conversora de angiotensina ou bloqueadores dos receptores de angiotensina II pode ser benéfico quando associado ao tratamento das comorbidades (GHADRI, et al., 2018B).

Conclusão

Conclui-se que as informações acerca da Síndrome de Takotsubo ainda são escassas. A doença é rara, de difícil diagnóstico e, sem a devida atuação, pode evoluir com situações desfavoráveis ao paciente.

A síndrome de coração partido é caracterizada pelos estudos como uma disfunção ventricular regional e transitória precedida por gatilhos físicos ou emocionais. Entretanto, apesar da conotação benigna, pode ser de difícil manejo, evoluindo para complicações importantes.

Sabe-se que a Síndrome de Takotsubo deve ser considerada um diagnóstico diferencial e até mesmo de exclusão, uma vez que a incidência do infarto agudo do miocárdio, por exemplo, é bem mais significativa. Para isso, podem ser utilizados exames complementares e critérios diagnósticos, os quais foram criados na tentativa de padronizar o raciocínio clínico dos profissionais na abordagem da doença.

O déficit de estudos randomizados acerca do tema dificulta a criação de um protocolo terapêutico. As evidências científicas sobre o benefício do uso de certas medicações ainda são mínimas. Por isso, é de suma importância a continuidade dos estudos para que as características e o curso da doença sejam totalmente elucidados. Assim, há a possibilidade da adequação do tratamento, bem como lapidar os profissionais de saúde para melhor atuação diante dos futuros casos.

Referências bibliográficas

- AIZAWA, K.; SUZUKI, T. Takotsubo Cardiomyopathy Japanese Perspective. *Heart Failure Clinics*, v. 9, n. 2, p. 243-247, 2013.
- ALMEIDA JUNIOR, G. L. G. D., MANSUR FILHO, J., ALBUQUERQUE, D. C. D., XAVIER, S. S., PONTES, Á., GOUVÊA, E. P., GIANI, A. Registro Multicêntrico de Takotsubo (REMUTA) – Aspectos Clínicos, Desfechos Intra-Hospitalares e Mortalidade a Longo Prazo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 115, 207-216, 2020.
- ALVES, A.A.; KOWATSCH, I.; TSUTSUI, J.M.; NICOLAU, J. C.; LIMA, M. F.; JUNIOR, W. M. Cardiomiopatia de takotsubo como causa de disfunção ventricular transitória. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo, v. 90, n. 3, 2008.
- ATHANASIADIS, A.; SCHNEIDER, B.; SECHTEM, U. Role of Cardiovascular Magnetic Resonance in Takotsubo Cardiomyopathy. *Heart Failure Clinics*, v. 9, n. 2, p. 167-176, 2013.
- BIETRY, R.; REYENTOVICH, A.; KATZ, S.D. Clinical Management of Takotsubo Cardiomyopathy. *Heart Failure Clinics*, v. 9, n. 2. P. 177-186, 2013.
- BOSSONE, E.; ERBEL, R. The “Takotsubo Syndrome”: From Legend to Science. *Heart Failure Clinics*, v. 9, n. 2, p. xiii-xv, 2013.
- BYBEE, K.A.; PRASAD, A.; BARNES, G.W.; LERMAN, A; JAFFE, A. S.; MURPHY, J. G.; et al. Clinical characteristics and Thrombolysis in Myocardial Infarction frame counts in women with transient left ventricular apical ballooning syndrome. *The American Journal of Cardiology*, v. 94, n. 3, p. 343-346, 2004.
- FERNANDES, F.; MONTERA, M.W. Síndrome de Takotsubo: Uma Doença Recorrente?. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 114, p. 484-485, 2020.

- GHADRI, J.; WITTSTEIN, I.S.; PRASAD, A.; SHARKEY, A.; DOTE, K.; AKASHI, Y. J.; et al. International Expert Consensus Document on Takotsubo Syndrome (Part I): Clinical Characteristics, Diagnostic Criteria, and Pathophysiology. *European Heart Journal*, v. 39, p. 2032-2046, 2018 (A).
- GHADRI, J.; WITTSTEIN, I.S.; PRASAD, A.; SHARKEY, A.; DOTE, K.; AKASHI, Y. J.; et al. International Expert Consensus Document on Takotsubo Syndrome (Part II): Diagnostic Workup, Outcome, and Management. *European Heart Journal*, v. 39, p. 2047-2062, 2018 (B).
- GOMES, C.B.G.; VERAS, G.J. Strain bidimensional na cardiopatia de Takotsubo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo, v. 95, n. 2, 2010.
- JIMÉNEZ, S.R.; VALLE, J.S.L. Cardiomiopatía de Takotsubo, el gran imitador del infarto agudo del miocárdio. *Revista CES Medicina, Medelim*, v. 26, n. 1, p.107-120, 2012.
- LEMOS, A.E.T.; ARAÚJO, A.L.J.; LEMOS, M.T.; BELÉM, L. S.; FILHO, F. J.; BARROS, R. B. Síndrome do coração partido (síndrome de Takotsubo). *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 90, n. 1, p. e1-e3, 2008.
- LIMA, A.E.F; DO NASCIMENTO PAZ, F.A. A Síndrome de Takotsubo (Síndrome do coração partido): Aspectos hormonais. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e45810212510-e45810212510, 2021.
- LIMONGELLI, G.; D’ALESSANDRO, R.; MASARONE, D.; MADDALONI, V. Takotsubo Cardiomyopathy: Do the Genetics Matter? *Heart Failure Clinics*, v. 9, n. 2, p. 207-2016, 2013.
- MENDES, I. P. G.; FONSECA NETO, O. J.; SANTANA, B. V. R. C. .; SOUZA, J. L. de; VIANA, B. L. A. .; CORREIA, R. S.; ARAUJO, H. J. B. .; KRÜGER, Y. da S. .; MENDES, Érica de A. S. .; MOITA, A. N. C. . Cardiomiopatía de Takotsubo como diagnóstico diferencial de síndrome coronariana aguda: diferenças entre os aspectos clínicos. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 2, p. e8111225514, 2022.
- MENEGASSIF, G.M.; MENEGASSIM, A.S.; MOURAF, J.D. de. Miocardiopatia de Takotsubo: Características e Mecanismos Etiológicos, uma revisão narrativa-crítica. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, n. 22, p. e380, 2019.
- NÓBREGA, S.; BRITO, D. The “broken heart syndrome”: State of the art. *Portuguese Journal of Cardiology*, Lisboa, v. 31, n. 9, p. 589-596, 2012.
- PELLICCIA, F.; GRECO, C.; VITALE, C.; ROSANO, G.; GAUDIO, C.; KASKI, J. C. Takotsubo Syndrome (Stress Cardiomyopathy): An Intriguing Clinical Condition in Search of Its Identify. *The American Journal of Medicine*, v. 127, n. 8, p. 699-704, 2014.
- PEREIRA, M.A.A.; SOUZA, B.F.; FREIRE, D.S.; et al. Feocromocitoma. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, São Paulo, v. 48, n. 5, p. 751-775, 2004.
- REIS, J.G.V.; ROSAS, G. Cardiomiopatía de Takotsubo: um diagnóstico diferencial da syndrome coronariana aguda: revisão da literatura. *Revista Médica de Minas Gerais*, v. 20, n. 4, p. 594-600, 2010.
- RODRIGUES, L.B.H.; BATISTA, A.; MONTEIRO, F.; DUARTE, J. S. Supradesnivelamento do segmento ST durante anestesia geral para cirurgia não cardíaca: um caso de takotsubo. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, Campinas, v. 65, n. 5, p. 403-406, 2015.
- SANTOS, C.R.R.E.; NOBRE M.N.; FERREIRA, J.M.B.B. Síndrome de Takotsubo: fisiopatologia, diagnóstico diferencial e tratamento. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, v. 15, n. 2, p. e9371, 2022.
- SHARKEY, S.W. Takotsubo Cardiomyopathy: Natural History. *Heart Failure Clinics*, v. 9, n. 2, p. 123-136, 2013.

SZARDIEN, S.; MOLLMANN, H.; WILLMER, M.; AKASHI, Y. J.; HAMM, C. W.; NEF, H. M. Mechanisms of Stress (Takotsubo) Cardiomyopathy. *Heart Failure Clinics*, v. 9, n. 2, p. 197-205, 2013.

TEMPLIN, C.; GHADRI, J.R.; DIEKMANN, J.; NAPP, L. C.; BATAIOSU, D. R.; JAGUSZEWSKI, M.; et al. Clinical Features and Outcomes of Takotsubo (Stress) Cardiomyopathy. *The New England Journal of Medicine*, Massachusetts, v. 373, n. 10, p. 929-938, 2015.

¹Laís Barbosa Zerlotti. Médica, laiszerlotti1@gmail.com.

²Marcos Coelho de Oliveira. Acadêmico do curso de Medicina, mcoelho92@outlook.com

³Melissa Carvalho Martins de Abreu. Médica, dramelissa@unifimes.edu.br.

⁴Renata Botelho Miguel Nutricionista, renata.bmiguel@hotmail.com.

⁵Juliano Oliveira Rocha. Médico, juliano.rocha@unifimes.edu.br.

⁶Wellington Francisco Rodrigues Biomédico, wellington.frodrigues@hotmail.com.

⁷Camila Botelho Miguel. Biomédica, camilabmiguel@hotmail.com.

^{1,2,3,5,7} Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES, Rua 22 esq. c/ Av. 21 - St. Aeroporto, Mineiros - GO, 75833-130;

⁴Universidade São Judas Tadeu, USJT, Av. Vital Brasil, 1000 - Butantã, São Paulo - SP, 05503-001;

⁶Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Av. Frei Paulino, 30 - Nossa Sra. da Abadia, Uberaba - MG, 38025-180

Este artigo:

Recebido em: 04/2022

Aceito em: 08/2022

Como citar este artigo:

ZERLOTTI, Laís Barbosa et al. A Síndrome de Takotsubo como simuladora do Infarto Agudo do Miocárdio. *Scientia Vitae*, v.14, n.34, ano 9, p. 23-31, jul./ago./set. 2022.

Diego Barboza de Sousa¹, Entoni Riyu Yotsuda², Fabricio Bruno Mendes³, Rafael Akira Akisue⁴

^{1,2,4}Instituto Federal – Câmpus Suzano

³Universidade Estadual Júlio de Mesquita Neto (UNESP)

Estudo comparativos das culturas de soja e dendê com foco na produção de biodiesel

Comparative study of soybean and palm crops with a focus on biodiesel production

Resumo. Uma das alternativas aos combustíveis fósseis, considerados responsáveis por diversos problemas ambientais, são os combustíveis produzidos a partir da biomassa, conhecidos como biocombustíveis. Embora eles suscitem discussões acerca de sua viabilidade e aspectos ambientais negativos, é ponto pacífico as vantagens decorrentes de sua utilização superarem as suas desvantagens. Dentre os principais biocombustíveis destaca-se o biodiesel, que pode utilizar como matéria-prima óleos de origem animal ou vegetal. Estes óleos podem ser extraídos por prensagem mecânica ou por solventes. Muitos processos englobam os dois métodos em série, visando um melhor rendimento. A partir desses óleos, o biodiesel é então produzido através de reações de transesterificação, esterificação ou craqueamento. É sabido que a escolha da matéria-prima é um dos fatores determinantes para a implantação de uma usina de produção de biodiesel, pois ela precisa ser compatível para realizar o tratamento adequado da matéria-prima. Neste trabalho, foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica e levantamento de dados a fim de tentar traçar um panorama geral da produção de biodiesel no Brasil a partir das principais culturas vegetais disponíveis, bem como os processos que demonstram maior rendimento e viabilidade econômica. A partir desta perspectiva, foram comparadas as duas principais fontes de matéria prima para produção do biodiesel vegetal: soja e o dendê. Na parte final do presente artigo focou-se na comparação técnico-econômica entre essas duas matrizes vegetais, buscando-se aliar maior produtividade e vantagens econômicas. Analisando os dados obtidos foi possível concluir que as vantagens oferecidas pelo cultivo de dendê, superaram as vantagens da soja. Este apresentou um bom rendimento geral com características interessantes. Logo a cultura do dendê seria a mais indicada para expansão da produção de biodiesel, a fim de se adequar aos valores requeridos pelo programa RENOVABIO.

Palavras-Chave: Biocombustível, Biodiesel, Óleo de Dendê, Óleo de Soja.

Abstract. One of the alternatives to fossil fuels, considered responsible for several environmental problems, are fuels produced from biomass, known as biofuels. Although they raise discussions about their feasibility and negative environmental aspects, it is common ground that the advantages resulting from their use outweigh their disadvantages. Among the main biofuels, biodiesel stands out, which can use oils of animal or vegetable origin as raw material. These oils can be extracted by mechanical pressing or by solvents. Many processes include the two methods in series, aiming at a better performance. From these oils, biodiesel can be produced through transesterification, esterification or cracking reactions. It is known that the choice of raw material is one of the determining factors for the implementation of a biodiesel production plant, as it needs to be compatible to carry out the proper treatment of the raw material. In this work, an extensive bibliographic research and data collection were carried out in order to try to draw an overview of biodiesel production in Brazil from the main available vegetable crops, as well as the processes that demonstrate greater yield and economic viability. From this perspective, the two main sources of raw material for the production of vegetable biodiesel were compared: soybean and palm oil. The final part of this article focused on the technical-economic comparison between these two plant matrices, seeking to combine greater productivity and economic advantages. Analyzing the data obtained, it was possible to conclude that the advantages offered by the cultivation of palm oil surpassed the advantages of its soybean counterpart. The first presented a good general performance with interesting characteristics. Therefore, the palm crop would be the most suitable for expanding biodiesel production, in order to adapt to the values required by the RENOVABIO program. **Keywords:** Biofuel, Biodiesel, Palm Oil, Soybean Oil.

Introdução

De acordo com dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2022, o petróleo e seus derivados correspondem a 1/3 da matriz energética brasileira (EPE, 2022). Este dado alarmante mostra o quanto a matriz energética ainda é dependente deste combustível fóssil não renovável.

Ambientalmente, a queima de petróleo e seus derivados gera, principalmente, o gás carbônico (CO₂) – também chamado de Gás do Efeito Estufa ou GEE – cujo acúmulo na atmosfera tem como consequência o aquecimento global. De modo a mitigar os efeitos dos GEEs, foram ratificados uma série de tratados internacionais, tais como o Protocolo de Quioto (2005) e o Acordo de Paris (2016). Em linha com as práticas internacionais, o Brasil se comprometeu a: aumentar o uso de fontes alternativas de energia para 45% da matriz energética; aumentar a participação de biocombustíveis para 18% até 2030; utilizar tecnologias limpas nas indústrias; melhorar a infraestrutura dos transportes; diminuir o desmatamento e restaurar e reflorestar até 12 milhões de hectares (ALMEIDA, 2020; MEIRELES, 2020).

Como parte do esforço para aumentar a participação de biocombustíveis na matriz energética brasileira, foi instituída a Política Nacional dos Biocombustíveis (RenovaBio) a partir da lei 13.576/2017. Esta tem como objetivo expandir a produção de biocombustíveis no Brasil baseado na previsibilidade, na sustentabilidade ambiental, econômica e social, de modo compatível com o crescimento do mercado. Atualmente é gerida pelo Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE). Ela consiste na criação de um mercado de Crédito de Descarbonização (CBIOS) e metas definidas. A meta anual de redução dos GEEs de cada distribuidor é calculada a partir da multiplicação da participação de mercado do distribuidor nas emissões oriundas de combustíveis fósseis, pela meta anual estabelecida pelo CNPE (NOBRE, 2019). Pela lei, distribuidores de combustíveis fósseis são obrigados a comprar CBIOS emitidos por produtores de biocombustíveis para compensar e cumprir as metas de emissões.

Biocombustíveis, solução ou parte só problema?

Ambientalmente, são inegáveis as vantagens dos biocombustíveis em relação aos seus concorrentes fósseis. Contudo, um debate tem sido travado sobre algumas consequências de sua utilização indiscriminada. Uma das principais questões é o desabastecimento alimentar, com consequente elevação dos preços. Juntamente com a crise alimentar, teríamos uma crise hídrica - visto que a agricultura consome cerca de 65% da água potável (CONSOAGRO, 2020). Além disso, o aumento indiscriminado do uso de biocombustíveis poderia ocasionar uma grave crise ambiental: predomínio de monoculturas (com consequente perda de biodiversidade), uso excessivo de fertilizantes nitrogenados (com consequente aumento dos gases do efeito estufa e contaminação dos lençóis freáticos), aumento do desmatamento e das queimadas. A luz destas questões, levantamentos mostram que, embora o Brasil disponha da maior área agricultável do mundo, seria inviável a conversão da matriz energética brasileira atual para uma baseada em biocombustíveis. Logo, mecanismos de regulamentação e controle devem ser propostos a fim de aproveitar-se das vantagens sociais, econômicas e ambientais dos biocombustíveis.

Ambientalmente, uma das vantagens dos biocombustíveis é que eles são produzidos a partir de fontes renováveis. Desse modo, é possível ajustar sua produtividade com base na demanda. Outra vantagem é que a matéria-prima do biocombustível absorve CO₂ da atmosfera, reduzindo o efeito estufa e compensando a emissão do gás carbônico pela queima do combustível – zerando a “pegada de carbono” (RAÍZEN, 2021). Em termos sociais, a construção

de uma usina para produção de biocombustível envolve a formação de uma cadeia produtiva. Esta proporciona expressiva geração de empregos com a formação de mão de obra especializada - ajudando a promover a inclusão social – além de consequente impulsionamento no desenvolvimento da área, via pesquisas, para aprimoramento de novas tecnologias (PETROBRAS, 2007). Tecnicamente, o biodiesel pode substituir o óleo diesel sem a necessidade de ajustes no motor, além de ter manuseio e armazenamento mais seguros do que os combustíveis fósseis. Além disso, de acordo com estudos realizados pela Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) e pela Associação Brasileira de Produtores de Biodiesel (APROBIO) o aumento a produção de biodiesel não representa risco de desabastecimento alimentar, uma vez que ele regula os preços durante a entressafra, absorvendo o estoque excedente (ABIOVE, 2016; APROBIO, 2022).

Produção de biodiesel a partir de óleos vegetais

O processo de produção de biocombustível consiste na extração do óleo de matérias-primas, utilizando métodos mecânicos e químicos para, em seguida, realizar as reações necessárias para a obtenção do combustível.

O processo de produção de biocombustíveis é subdividido em etapas: escolha da matéria-prima, preparação da matéria-prima, prensagem, extração com o solvente e a recuperação do solvente, tal como descrito no fluxograma da Figura 1.

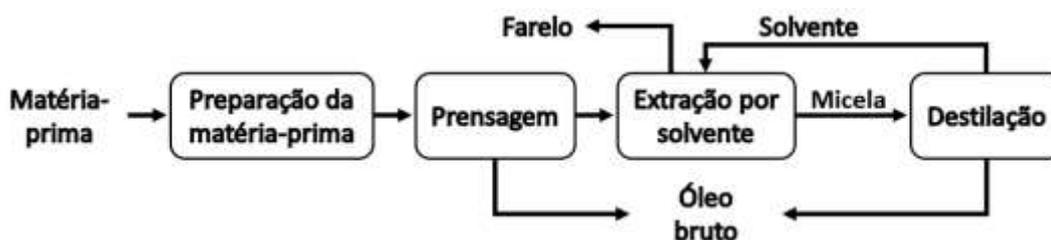


Figura 1 - Fluxograma do processo de extração em série.

Fonte – acervo pessoal

Escolha da matéria-prima para produção do biodiesel

A escolha da matéria-prima a partir da qual será realizada a extração do óleo é um fator determinante para a produção do biocombustível. Esta escolha, além de influenciar na estrutura da usina, que deve ser compatível para realizar o tratamento adequado da matéria-prima, varia conforme a cultura utilizada. Como parte do presente estudo, foi realizado um extenso levantamento bibliográfico, utilizando-se bases de dados Google Acadêmico, Scielo e Web of Science. Para realizar as buscas, foram utilizados termos chave como: biodiesel, biodiesel de dendê, transesterificação e biocombustíveis. Importante destacar que, considerando que o período atípico da pandemia de COVID-19 – que afetou todos os setores socioeconômicos – foram utilizados dados pré-pandemia, a fim de garantir a normalização das informações. A Tabela 1 apresenta o comparativo da produtividade de safras de diferentes matérias-primas (kg/ha), considerando a porcentagem média de óleo presente na matéria-prima bruta (óleo %). Na quarta coluna são apresentados os cálculos da produtividade do óleo por hectare (kg/ha), com o objetivo de comparar os seus rendimentos.

Tabela 1 – Comparativo de produtividade (em massa e em óleo) por hectare entre diferentes culturas vegetais para produção de biodiesel

<i>Planta</i>	<i>Produção vegetal</i> kg/ha	<i>Óleo</i> %	<i>Produtividade óleo</i> kg/ha	<i>Fonte</i>
Algodão	3302	15 a 32	495 a 1.057	<i>Putti et al, 2012</i>
Canola	4500	38	1800	<i>Tomm et al, 2007</i>
Dendê	10000	75 a 77	3.000 a 6.000	<i>Costa et al, 2015</i> <i>Feroldi et al, 2014</i> <i>Filho et al, 2015</i>
Girassol	1300	40	520	<i>Smiderle et al, 2005</i>
Mamona	1400	20 a 60	610	<i>Beltrão et al, 2002</i>
Milho	3000	5	150	<i>Garcia et al, 2006</i>
Nabo- Forrageiro	1500	35	285	<i>Cremones et al, 2013</i>
Soja	3000	18 a 20	600	<i>Cavalcante et al, 2011.</i>

Tendo em vista que os dados foram obtidos a partir de sistemas de operação de plantio e colheita já implantados, ressalta-se que os resultados de rendimento podem ter sido afetados por diversos fatores, tais como ambientais, climáticos, econômicos e sociais. Para atender a alta demanda de combustível é necessário também uma alta produtividade da matéria-prima. Consequentemente, esta também deve apresentar alta estabilidade produtiva.

Ao analisar a tabela de rendimento de óleo por hectare e as características próprias de cada cultura identificou-se que culturas como o girassol, milho e nabo forrageiro possuem baixo rendimento de óleo por hectare, não sendo adequadas para produção em grande escala para o biodiesel. O algodão e a mamona são culturas difundidas no Brasil. Contudo, ambas apresentam alta oscilação na composição de óleo. Consequentemente, ambas também apresentam uma produtividade óleo por hectare de terra agricultável variável. Isso se deve, principalmente, a sensibilidade das plantas às mudanças climáticas, dificultando a implementação de uma produção regular de biodiesel (SANTOS, 2001 apud BELTRÃO 2002).

Além disso, não foram encontradas na literatura, dados suficientes para afirmar o potencial da mamona na geração de biodiesel. A canola, mesmo ocupando o segundo lugar em rendimento de óleo por hectare, só poderia ser cultivada em climas amenos, de baixa temperatura. Logo, seu cultivo se restringiria a algumas áreas disponíveis, principalmente, na região sul do país.

A soja ainda é a cultura dominante no país, com sua participação variando entre 70 a 85% da produção de biodiesel nacional. Tal como pode ser observado na Tabela 1, sua produtividade

é intermediária, e a porcentagem de óleo é considerada baixa. Contudo, atualmente, esta possui uma produção extremamente consolidada, com grandes áreas de plantio e tecnologias próprias que aumentam a eficiência de sua produção. Tendo em vista esta proporção dominante da soja, é possível prever uma saturação em relação a sua produtividade. Logo, esforços em outras áreas, como melhoramento genético, maquinários mais eficientes, são necessários a fim de se obter um crescimento representativo desta cultura para atender a demanda de óleo para biocombustíveis (BIODIESELBR, 2014).

Preparação da matéria-prima

Antes de se iniciar o processo de extração do óleo, a matéria-prima é preparada de acordo com seu tipo e sua qualidade. Esta etapa visa facilitar a extração do óleo, eliminar contaminantes e quebrar fibras que dificultem a extração. As oleaginosas passam por um tratamento que inclui: limpeza, secagem, descascamento (ou despulpamento), desintegração ou trituração, floculação e condicionamento ou aquecimento (BORGES, 2016 apud GANDOLFI, 2017).

Processo de extração via mecânica e via solvente

A extração mecânica do óleo consiste, principalmente, na prensagem das matérias-primas, sendo indicada para matérias-primas com alto teor de óleo. De início, eram utilizadas prensas hidráulicas. Contudo, devido à sua baixa eficiência, complexidade e custo operacional elevados, elas vêm sendo substituídas, gradativamente, pelas prensas mecânicas. Destaca-se entre os modelos a prensa de parafuso contínuo. (WEISS apud PIGHINELLI, 2010).

Após a prensagem, uma quantidade significativa de óleo ainda pode ser encontrada na torta. Ela então é acondicionada no extrator, onde um solvente adequado realiza o arraste do óleo, formando a miscela (mistura do óleo e o solvente). Esta segue para o processo de destilação para separação do óleo bruto e posterior recuperação do solvente. O uso em série de extração mecânica para extração em solvente é comumente utilizado para aumentar a eficiência do processo de extração, contudo, uma das desvantagens apresentada por essa técnica é seu alto custo (JUNIOR, 2008).

O processo de extração de óleo com solvente deve ocorrer em temperatura próxima ao ponto de ebulição do solvente. Dessa forma reduz-se a viscosidade do óleo (com consequente aumento da solubilidade do solvente). Após o preparo da matéria prima, esta pode passar por dois métodos de extração via solvente: imersão e a percolação. Na primeira, o grão entra em contato com o solvente, em geral sob agitação, de forma que é recolhida a miscela. Já no segundo processo tem-se a lixiviação, em contracorrente, do solvente no grão sobre uma esteira – onde também é coletada a miscela para posterior tratamento.

O solvente mais utilizado é o hexano. Porém, este possui diversas desvantagens tais como: risco de explosão por ser inflamável, pode acarretar diversos problemas à saúde pela sua alta toxicidade e sua fonte não é renovável. Por ser de origem fóssil, também prejudica o meio ambiente. O etanol pode ser utilizado como solvente alternativo. Diferentemente do hexano, este advém de uma fonte renovável, sendo, portanto, favorável ao meio ambiente e menos nocivo à saúde. Porém, a utilização de etanol torna o processo consideravelmente mais caro, devido à necessidade de evaporação do solvente para desidratação do etanol, antes que este retorne ao processo (JUNIOR, 2008).

Em geral, o óleo obtido deve passar por uma etapa de refino, a fim de eliminar eventuais fosfolipídios, ácidos graxos, pigmentos, impurezas, compostos indesejáveis e substâncias voláteis (JUNIOR, 2008).

Métodos de produção de biodiesel

São descritos na literatura três métodos de produção de biodiesel: craqueamento, esterificação e transesterificação.

O craqueamento é realizado sob temperaturas acima de 350°C e consiste na quebra da molécula de glicerol formando ésteres, tal como representado na Figura 2. O radical "R", ligado às moléculas das reações de craqueamento e de transesterificação, representa um hidrocarboneto. Por ser uma reação envolvendo óleos, os radicais de hidrocarbonetos possuem cadeias longas com mais de 10 carbonos.

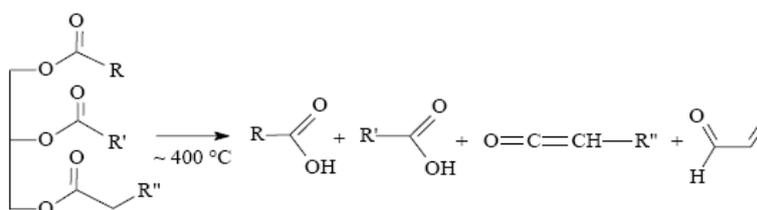


Figura 2 – Reação de craqueamento

Fonte – AGEITEC, 2022

A esterificação consiste de uma reação, a partir do álcool, com ácidos graxos formando um éster, tal como representado na Figura 3.

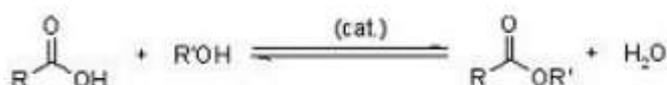


Figura 3 – Reação de esterificação

Fonte – MARTINELLI, 2008

A transesterificação é um processo que reduz a viscosidade do triacilgliceróis. Neste mecanismo de reação, as cadeias de ácidos graxos são separadas do glicerol ao serem misturadas com um álcool, tal como representado na Figura 4.

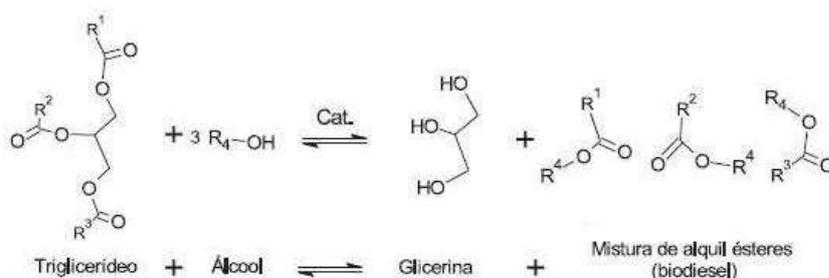


Figura 4 – Reação de transesterificação

Fonte – PIGHINELLI, 2010

Atualmente, a transesterificação é o método mais utilizado para produção de biodiesel (PIGHINELLI, 2010).

Análise comparativa entre matérias primas vegetais: soja e dendê

O perfil atual da produção nacional de biodiesel, de acordo com a matéria prima utilizada, é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Perfil brasileiro de produção de biodiesel de acordo com a matéria prima

Matéria-prima	Produção proporcional
Óleo de Soja	70,00%
Gordura Bovina	13,24%
Outros Materiais Graxos	9,74%
Gordura de Porco	2,14%
Óleo de Fritura	1,65%
Óleo de Palma / Dendê	1,33%
Óleo de Algodão	0,86%
Gordura de Frango	0,85%
Óleo de Milho	0,10%
Óleo de Colza / Canola	0,07%
Gordura de Frango	0,85%
Óleo de Milho	0,10%
Óleo de Colza / Canola	0,07%

Fonte: ANP, 2019 adaptada

É possível observar que a matriz vegetal para produção de biodiesel consiste da soja (que domina mais de 70% da matriz) e, em seguida o óleo de dendê, com 1,33%. As demais matérias primas vegetais, tal como argumentado no item 3.1, não tem grande representatividade na matriz. Assim, na presente análise econômica e comparativo técnico, focar-se-á nas culturas de soja e dendê. Ambas ocupam uma área agricultável considerável., conseqüentemente, possuem uma produtividade estável e em quantidade grande o suficiente para abastecer parcial ou integralmente a demanda de óleo para a produção de biocombustíveis. Logo, faz-se necessário verificar e ponderar questões de interesse comercial, impactos ambientais e sociais, a fim de apontar a espécie que apresenta vantagens de cultivo para produção dos biocombustíveis.

Soja

A soja é uma das culturas mais difundidas no Brasil. Sua estabilidade produtiva, obtida via investimentos tecnológicos para tratamento e fortalecimento da planta, a tornaram uma das melhores opções para a obtenção de óleo para a produção de biodiesel.

A soja é da família das leguminosas e sua semente possui baixo teor de amido. Todavia ela é rica em substâncias proteicas e graxas. O teor médio de óleo na soja cultivada no sul do Brasil é de 20% (GUARIENTI, 2009)

Mesmo os grãos possuindo quantidades relativamente baixas de óleo e obtendo-se rendimentos modestos durante a extração, a soja ainda lidera como principal matéria-prima para produção de biodiesel. Logo, ela pode ser considerada uma das culturas de maior potencial de extração de óleo para produção do biodiesel. Atualmente, o óleo de soja possui vantagens, em relação aos outros grãos, quanto a produção e facilidade na colheita. Contudo, por se tratar de uma cultura sazonal, limita-se a sua colheita a apenas três meses ao ano, sendo que o tempo de crescimento da planta é de 100 à 160 dias, dependendo da variedade. Isto significa que seria necessário a estocagem do produto durante os meses restantes, a fim de estabilizar a demanda de óleo durante o ano. Consequentemente, acarretando altos custos para estocagem de longa duração e transporte.

Dendê

O dendezeiro é uma palmeira cujo fruto é o dendê (Figura 5). A partir do dendê, é possível extrair dois tipos de óleos: o azeite de dendê que é extraído da polpa, e o azeite de palmiste que é extraído a partir da amêndoa. Ambos são utilizados nos setores alimentício e industrial. Após a extração do óleo, a torta da amêndoa, resultante da prensagem, ainda pode ser usada tanto na produção de compostos para alimentação bovina e suína, quanto para fertilizante agrícola (MÜLLER, 1980).



Figura 5 – Dendezeiro (à esquerda), dendê (ao centro) e o óleo extraído a partir do fruto (à direita)
Fonte – adaptada de Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2018

Este artigo foi elaborado por meio de uma pesquisa bibliográfica, com intuito de construir uma metodologia de forma criteriosa os melhores e mais significativos artigos online que abordem o tema educação especial. O critério para a seleção dos artigos foi a presença dos descritores “sala de recursos multifuncional”, AEE”, “sala de recursos” e “sala de apoio pedagógico”, “inclusão escolar”, “educação inclusiva”, sendo que os mesmos podiam estar dispostos em qualquer parte do texto. Foram selecionados vários artigos de diferentes revistas científicas, sem restrição de períodos.

Sendo assim, os principais aportes teóricos deste trabalho centram-se em autores como: Alves e Andrade (2015), Weber e Benetti (2012), Brasil (2010), Lopes e Maquezine (2012) e entre outros.

Hoje, a produção de óleo de dendê é uma das que mais recebe incentivos pelo programa RenovaBio. Em especial, a cultura do dendezeiro está focada em pequenas propriedades nos estados do Amazonas, Amapá, Bahia e Pará. Sendo este último responsável por 80% da produção

(JUNIOR, 2008). Atualmente, o dendê possui uma área de cerca de 236 mil hectares sendo cultivada. Contudo, estudos recentes indicam um potencial de terra agricultável de cerca de 7 milhões de hectares, aptas a receberem o dendezeiro. Estas áreas se concentram na região Norte e Nordeste do país, que consomem, juntas, cerca de 25% do diesel nacional (APROBIO, 2018).

Uma das desvantagens que esta cultura apresenta é que o processo de esterilização dos cachos e a extração do óleo deve ser realizado, em no máximo, 24 horas após a colheita, esse procedimento é necessário tanto para facilitar a retirada dos frutos do cacho, quanto para evitar a fermentação do fruto, que causa a acidificação do óleo, que começa a ocorrer logo após o corte do cacho (MÜLLER, 1980). Isto impossibilita a realização de estoques no longo prazo, visando possíveis regulações do mercado. Além disso, essa limitação obriga a implantação da usina próxima ao local de plantio, para que possam ser evitados longos períodos de transporte. Outra desvantagem diz respeito ao fato de a colheita ser realizada praticamente de forma manual, impossibilitando sua produção de forma extensiva como a soja.

Por outro lado, uma das vantagens apresentadas pela cultura do dendê é seu regime de produção contínua ao longo do ano. Isto possibilita uma maior estabilização, ou seja, sua produção pode ser ajustada mais facilmente do que a de produtos sazonais – estes sujeitos a flutuações de acordo com a oferta e a demanda do mercado. Consequentemente, diminui-se os riscos de alta no preço, mantendo-se o abastecimento constante de seus produtos e gerando um maior incentivo por parte de seus consumidores. Contudo, é preciso destacar que há uma pequena variabilidade da colheita durante o ano. O mês de maio, por exemplo, possui a maior fração da produção anual (12% da produção total), enquanto que durante o mês de novembro tem-se cerca de 4,5% da produção anual. Apesar dessa variabilidade, calculou-se que a quantidade fornecida de óleo durante o mês de menor produtividade é proporcional a metade da produção total que a soja pode oferecer em um ano inteiro, em uma área de mesmo tamanho (MÜLLER, 1980).

A partir de dados levantados sobre as colheitas de soja e dendê, apresentados na Tabela 3, foi possível estabelecer uma comparação entre as culturas de soja e dendê visando a produção de biodiesel.

Tabela 3 – Comparativo técnico-econômico entre soja e dendê

Descrição	Soja	Dendê
Tipo de cultivo	Sazonal (batelada)	Contínua
Replanteio	Anual	A cada 25 ~ 30 anos
Meses de colheita/ano	3	12
Colheita	Mecanizada	Manual
Produção de grãos ou frutos		
anual máxima/ha	3.000 kg	10.000 kg
% de óleo	18 a 20	75 a 77
Produção anual de óleo/ha	600 kg	3.000 a 6.000 kg
Área em produção atual	33.890.000 ha	210.000 ha
Produção anual nacional	113.923.000 t	945.000 t
Tempo de estocagem	Longo	24 horas após a colheita
CO ₂ sequestrado por ha/ano	10 a 15 t	4 a 8 t
Custo médio total/ha ao ano*	R\$ 3.298,05	R\$ 1.385,38

Fonte - Dados adaptados de SUFRAMA (2003), FEROLDI (2014), BELTRÃO (2007), SOARES (2008), Centro de Referência da Cadeia de Produção de Biocombustíveis para a Agricultura Familiar (2014).

*Obs.: o custo médio total se refere aos gastos na agricultura (plantio, mão de obra, insumos e colheita).

Estabelecendo-se a relação entre as áreas utilizadas para o plantio e a produtividade de óleo por hectare, o dendê necessitaria apenas de 20% da área atualmente ocupada pela soja para produzir a mesma quantidade de óleo. No Brasil, o plantio de soja ocupa cerca de 3,53% do território brasileiro (ou 33,9 milhões de hectares na safra de 2021). Ou seja, esta vasta área poderia ser utilizada para outros fins, como por exemplo, abastecimento de grãos e hortaliças. Observando os dados disponíveis na Tabela 3, o dendê possui tanto a maior produção de óleo por hectare, quanto o menor custo médio, uma vez que tanto a casca quanto a polpa possuem grande teor de óleo no fruto. Consequentemente, é possível obter um alto rendimento durante a extração. Estes fatores fazem com que o dendê seja a cultura mais viável para produção de biocombustíveis (GANDOLFI et al, 2017).

De acordo com Feroldi (2014), quando comparado com as demais oleaginosas, o óleo de palma é o mais vantajoso devido a sua baixa taxa energética de produção. De acordo com o balanço energético, a relação produção/consumo é de cerca de 9,5. Ou seja, durante a cultura do dendê, demanda-se 19,2 GJ por ha/ano na produção de 1 litro de óleo. Em contrapartida, a cultura disponibiliza, na soma de seus subprodutos, 182,1 GJ. Sendo este bastante expressivo comparando-se com a relação produção/consumo da soja (cerca de 2,5).

Outra vantagem do dendê, em relação à soja, é a taxa de sequestro de carbono da atmosfera. Tal como pode ser observado na Tabela 3, mesmo a palma do dendê apresentando uma taxa de sequestro de carbono de cerca de 6 ton./ha.ano, em média, (numericamente inferior à taxa de 10 a 15 ton./ha.ano pela soja), é necessário considerar fatores fisiológicos das plantas. No caso da soja, o carbono capturado pela planta acaba sendo liberado posteriormente – após sua colheita – quando é depositada no solo. Essa passa a ser degradada por microrganismos, gerando o CO₂ que volta para a atmosfera. Por outro lado, a absorção de gás carbônico realizada pela palma do dendê é “fixada” na planta durante 25 anos. O que pode representar, em larga escala, um sorvedouro deste gás.

Conclusão

Entre as vantagens e desvantagens apresentadas, o dendê pode ser considerado como uma cultura capaz de suprir as demandas de óleo para produção de biodiesel, aliando vantagens econômicas e ambientais num futuro próximo. Seu grande potencial, em particular, é devido à alta concentração de óleo em seus frutos (produzidos ao longo do ano, independente da sazonalidade). Isto possibilita um maior controle no fluxo de mercado, facilitando a adaptação da produção à sua demanda. O que atinge diretamente os produtos derivados da mesma. Este fator se sobrepõe às principais desvantagens da cultura: tempo limite de 24 horas após a colheita para processamento dos cachos e a colheita ainda realizada relativamente de forma manual.

O projeto de lei que prevê a mistura de 20% de biodiesel até o ano de 2030, necessitaria apenas de 250 mil hectares produzindo óleo exclusivamente para biodiesel dentre os 7 milhões de hectares aptos ao cultivo de dendê) para suprir a demanda. Portanto, os objetivos de produção de biodiesel podem ser atingidos com áreas bem menores que a disponibilizada pelo Zoneamento Agroecológico (MAPA, 2018).

Todavia, é necessário considerar que todos os dados pertencentes às culturas de plantas, podem sofrer variações advindas principalmente do clima. Esta instabilidade pode alterar sua produtividade e, conseqüentemente, diminuir sua produção. Apesar disso, as culturas aqui selecionadas como as principais candidatas – soja e dendê – possuem como grande diferencial a resistência em relação a interferências climáticas (quando comparadas às demais culturas).

Considerando o dendê como a cultura a ser utilizada para a obtenção do óleo, o processo para a sua extração pode ser realizado pelo método em série, a fim de aumentar sua eficiência. O processo mecânico pode ser realizado utilizando-se a prensa de parafuso contínuo, tanto para a poupa do dendê, quanto para sua amêndoa. Essa técnica é capaz de processar grandes quantidades de frutos de forma contínua, e sua velocidade pode ser adaptada de acordo com a quantidade de frutos processados durante a etapa de preparação da matéria prima. Embora a extração por solvente possa ser realizada utilizando o hexano, devido a sua toxicidade e por não ser favorável ambientalmente, o mesmo pode ser substituído pelo etanol. Por fim, o método da transesterificação para a obtenção do biodiesel seria o processo mais indicado, uma vez que é o método mais consolidado.

Para além dos benefícios ambientais, é possível destacar a importância dos impactos econômico-sociais positivos advindos da decisão de produzir biocombustíveis no Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste.

Referências bibliográficas

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. *Biodiesel: oportunidades e desafios no longo prazo*. Brasília, 6 out. 2016. Disponível em: <http://abiove.org.br/wp-content/uploads/2019/05/07102016-131231-07_10_2016_n-_cenario_para_o_biodiesel_em_20302.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

CONSOAGRO – Consultoria e Soluções em Agronomia Jr. *Como é o uso da água no Brasil?*. Londrina - PR, Brasil. 04 dez. 2020. Disponível em: <<https://consoagro.com.br/2020/12/04/uso-da-agua-na-agricultura/>>. Acesso em: 02 set. 2020.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. *Craqueamento*. Brasília, Distrito Federal, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2022. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vmz02wx5eo0sawqe3wx8euqg.html#>>>. Acesso em 24 maio 2022.

ALMEIDA, R. P. Políticas governamentais e avaliação de indicadores ambientais na produção de biocombustíveis (sólidos, líquidos e gasosos). *Debates Agroenergéticos*. Produção Vegetal, Pós-graduação UFVJM - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Minas Gerais, MG, jul. 2020. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/ica/files/2020/07/2-Pol%C3%ADticas-governamentais-e-avalia%C3%A7%C3%A3o-de-indicadores-ambientais-na-produ%C3%A7%C3%A3o-de-biocombust%C3%ADveis-s%C3%B3lidos-l%C3%ADquidos-e-gasosos.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2022.

ANP. Agência Nacional do Petróleo. *Processamento de matérias primas*. Tabela de 22 Jan. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>>. Acesso em 21 maio 2022.

APROBIO – Associação dos produtores de Biodiesel do Brasil. *RenovaBio o potencial da palma de óleo para o biodiesel*. 16 ago. 2018. 10 slides. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais>>

tematicas/documentos/camaras-setoriais/palma-de-oleo/2018/27a-ro/aprobio-2018_cs-po-renovabio-biodiesel.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; MELO, F.B. Mamona consorciada com feijão visando produção de biodiesel, emprego e renda. *Revista Bahia Agrícola*, Bahia, v. 5, n. 2, p 34-37, nov. 2002. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105772/1/Revistav5n2-Mamona.pdf>>. Acesso em 21 maio 2022.

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. Balanço Energético e “Seqüestro” de Carbono em Culturas Oleaginosas. *Embrapa algodão. Documentos*, 167, Campina Grande, PB, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/273300/1/DOC167.PDF>>. Acesso em: 21 maio 2022.

BiodieselBR. *Matéria-Prima para Biodiesel*. Jan. 2014. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/plantas/oleaginosas/index>>. Acesso em: 21 maio 2022.

CAVALCANTE, A. K.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T. Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e soxhlet. *BioscienceJournal*, v. 27, n. 1, p. 8-15, Uberlândia, São Paulo, jan./fev. 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7353>>. Acesso em: 21 maio 2022.

CENTRO DE REFERÊNCIA DA CADEIA DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR. *Custo de Produção do Dendê*, 2014, Campus Universitário, Viçosa, MG. Disponível em: <<http://www.biomercado.com.br/imagens/publicacao/arquivo96.pdf>>. Acesso em 21 maio 2022.

COSTA, L. V.; OLIVEIRA, E. C. A. M.; PIRES, N. R. O. Biodiesel: mamona e dendê como culturas energéticas. *Revista eletrônica de Energia*, v. 5, n. 2, p. 90-99, jul./dez. 2015. Disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/view/3298/2820>>. Acesso em: 21 maio 2022.

CREMONEZ, P. A. et al. Nabo forrageiro: do cultivo a produção de biodiesel. *Acta Iguazu*, v. 2, n. 2, p. 64-72, Cascavel, Paraná, 2013. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/8392/6203>>. Acesso em: 21 maio 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *BEN -Balanço Energético Nacional: Relatório Síntese 2022 Ano Base 2021*. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf>. Acesso em: 01 set. 2022.

FEROLDI, M.; CREMONEZ, P. A.; ESTEVAM, A. Dendê: do cultivo da palma à produção de biodiesel. *Revista Monografias Ambientais (REMOA)*, v.13, n.5, p.3800-3808, Santa Maria, Paraná, dez. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/index.php/remoa/article/viewFile/14674/pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

FILHO, D. H. G. et al. Componentes de produção e rendimento do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. *Irriga*, v. 20, n. 3, p. 514-527, Botucatu, São Paulo, jul./set. 2015. Disponível em: <<http://200.145.140.50/index.php/irriga/article/view/1029/1316>>. Acesso em: 21 maio 2022.

GANDOLFI, M. V. C. et al. *Extração do óleo do dendê para produção de biodiesel*. IX Sintagro - Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio, Botucatu, 2017.

GARCIA, J. C. et al. Aspectos Econômicos da Produção e Utilização do Milho. *Circular Técnica (EMBRAPA)*, n. 74, Sete Lagoas, Minas Gerais, dez. 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/474206/1/Circ74.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

GUARIENTI, É. P. *O solvente hexano no processo de extração de óleo de soja*. 2009. 54 f. Projeto de Estágio de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Agroindustrial) - Faculdade Três de Maio, Três de Maio, 2009. Disponível em: <<https://xdocs.com.br/doc/extraao-de-oleo-vegetal-qoeyryv7wkn6>>. Acesso em: 21 maio 2022.

JUNIOR, C. T. *Extração de óleo de soja com etanol e transesterificação etílica na miscela*. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-14052010-100105/publico/Mestrado.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Diagnóstico da Produção Sustentável da Palma de Óleo no Brasil*. Mapa/ACE, Brasília, 2018. Disponível em: <https://aprobio.com.br/novosite/wp-content/uploads/2018/08/Diagn%C3%B3stico-Prod-Sust-da-Palma-de-%C3%93leo_MAPA_2018.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

MARTINELLI, L. *Produção de Biodiesel Etílico a partir da Esterificação de Ácidos Graxos Livres*. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Recife, Pernambuco. 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/6405/1/arquivo2527_1.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2022.

MEIRELES, T. *Acordo de Paris completa cinco anos com lições aprendidas*. WWF - World Wide Fund for Nature. 12 dez. 2020. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?77471/Acordo-de-Paris-completa-cinco-anos-com-licoes-aprendidas>>. Acesso em: 01 set. 2022.

MÜLLER, A. A. *A cultura do dendê*, Belém, EMBRAPA-CPATU. 24p. Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n, Caixa Postal, 48, 66.000 – Belém, Pará, 1980. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15441929.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2022.

NOBRE, M. A. A. *Palma de Óleo no RenovaBio*. 06 ago. 2019. 37 slides. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/palma-de-oleo/2019/29a-ro-1/palma-de-oleo-no-renovabio-convertido.pdf>>. Acesso em 21 maio 2022.

PETROBRAS (Brasil). *Biocombustíveis: 50 perguntas e respostas sobre este novo mercado*. Brasil, 2007. Disponível em: <<http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/594/1/Biocombust%c3%adveis%2050%20perguntas%20e%20respostas%20sobre%20este%20novo%20mercado.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

PIGHINELLI, A. L. M. T. *Estudo da extração mecânica e da transesterificação etílica de óleos vegetais*. 2010. 222f. Tese de doutorado em Engenharia Agrícola (Tecnologia Pós-Colheita) - Universidade Estadual De Campinas, Faculdade De Engenharia Agrícola, Campinas, 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/882711/1/AnnaLeticiaMontenegroTurtelliD.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

PUTTI, F. F.; LUDWIG, R.; MACINI, N. Análise da viabilidade da produção de biodiesel a partir do uso do algodão. *VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 8, n. 7, p. 127-142, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/336/339>. Acesso em: 21 maio 2022.

RAÍZEN. *Biocombustíveis: afinal, quais são as suas vantagens?* 11 nov. 2021. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/biocombustiveis?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=g81z_mc1tf8pg_N2_raizen_blog_google_awareness_&utm_content=mc1tf8pg_blog_google__search_awareness>

ess_interesses_cpc_search__bioenergia_&gclid=Cj0KCQjwof6WBhD4ARIsAOi65ai0x6BejTWMP0Ksjx-4j8BOHcCmYiXmpMYiSGVuhSHf-pElhYIW9q0aApWwREALw_wcB>. Acesso em: 01 set. 2022

SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JR, M.; GIANLUPPI, D. Avaliação de cultivares de girassol em savana de Roraima. *ACTA Amazônica*, v. 35, n. 3, p. 331-336, Roraima, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v35n3/v35n3a03>>. Acesso em: 21 maio 2022.

SOARES, C. M. *Potenciais de Geração de Créditos de Carbono na Indústria da Palma*. 2008 105 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) -Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola de Química – EQ, 2008. Disponível em: <<http://epqb.eq.ufrj.br/download/potenciais-de-geracao-de-creditos-de-carbono-na-industria-da-palma.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

SUFRAMA. Superintendência Adjunta de Planejamento e Desenvolvimento Regional Coordenação de Identificação de Oportunidades de Investimentos Coordenação Geral de Comunicação Social (Distrito Industrial, AM). *Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica dendê*, jul. 2003. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj_pot_regionais/dende.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

TOMM, G. O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. Sistema de Produção, *Embrapa Trigo*, n. 4, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174531/1/CNPT-ID09766.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

¹Diego Barboza de Sousa. Graduando em Química Bacharelado no Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Campus Suzano, Suzano – São Paulo. diogobdsousa@live.com

²Entoni Riyu Yotsuda. Graduando em Processos Químicos Industriais no Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Campus Suzano, Suzano – São Paulo. entoni.r.y@gmail.com

⁴Fabricio Bruno Mendes. Mestre em Ciência e Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Neto (UNESP). fabriciomendes@ifsp.edu.br

³Rafael Akira Akisue. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), professor substituto no Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Campus Suzano, Suzano – São Paulo. akisue.rafael@gmail.com

^{1 2 3}Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Campus Suzano. Av. Mogi das Cruzes, 1501 - Parque Suzano, Suzano - SP, 08673-010. (11) 94246-8380.

⁴Universidade Estadual Júlio de Mesquita Neto (UNESP). Av. 24 A, 1515 - Bela Vista, Rio Claro - SP, 13506-69. (19) 3526-9000

Este artigo:

Recebido em: 06/2022

Aceito em: 07/2022

Como citar este artigo:

SOUZA, D. B. de; et al. Estudo comparativos das culturas de soja e dendê com foco na produção de biodiesel. *Scientia Vitae*, v.14, n.38, p. 32-45, jul./ago./set. 2022.

Manoel Andrade Neto¹; Frank Viana Carvalho²; Francisco Milton de Souza³;
Elton Luz Lopes⁴; Ubiratan de Araújo Cunha⁵; Talita Feitosa de Moisés Queirós⁶

¹UFC, *campus* do Pici, Fortaleza-CE; ²IFSP, *campus* São Roque-SP;
^{3,4,5}E.E.P. de Pentecoste-CE; ⁶Programa PRECE de Aprendizagem Cooperativa, Pentecoste-CE

Aprendizagem Cooperativa em Aulas de Química – Uma análise prática da correlação entre desempenho acadêmico e cooperativo versus responsabilidade individual e interação promotora na EEEP-APT em Pentecostes-CE

Cooperative Learning in Chemistry Classes – A practical analysis of the correlation between academic and cooperative performance versus individual responsibility and promoting interaction at EEEP-APT in Pentecostes-CE

Resumo. Neste artigo está a segunda parte do estudo sobre a aprendizagem cooperativa na correlação entre desempenho acadêmico e competências e valores interpessoais realizada na Escola Estadual de Educação Profissional Alan Pinho Tabosa (EEEE-APT) no município de Pentecoste-CE. Nesta parte do estudo são apresentadas as análises dos dados da investigação que dizem respeito às atividades desenvolvidas através da metodologia da Aprendizagem Cooperativa, que é a metodologia da escola. Os estudantes dos cursos técnicos foram avaliados com relação ao progresso acadêmico e a apresentação ou desenvolvimento de habilidades e valores de trabalho em equipe no ambiente escolar. **Palavras-chave:** aprendizagem cooperativa, interdependência positiva, interação promotora, cooperação, performance acadêmica.

Abstract. In this article is the second part of the study on cooperative learning in the correlation between academic performance and interpersonal skills and values carried out at the Alan Pinho Tabosa State School of Vocational Education (EEEE-APT) in the municipality of Pentecoste-CE. In this part of the study, the analysis of research data concerning the activities developed through the methodology of Cooperative Learning, which is the school's methodology, is presented. Students in technical courses were evaluated for academic progress and the presentation or development of teamwork skills and values in the school environment. **Keywords:** cooperative learning, positive interdependence, promoting interaction, cooperation, academic performance.

Introdução

Considerando a aprendizagem cooperativa como metodologia de ensino aplicada na Escola Estadual de Educação Profissional Alan Pinho Tabosa (EEEE-APT) no município de Pentecoste-CE, neste estudo serão apresentadas as análises dos dados da investigação sobre a aprendizagem cooperativa em sua correlação entre desempenho acadêmico e competências e valores interpessoais. Na pesquisa, estudantes do primeiro ano dos cursos 'Técnico em Informática', 'Acadêmico', 'Técnico em Aquicultura' e 'Técnico em Agroindústria' foram observados e avaliados com relação ao progresso acadêmico e a apresentação ou desenvolvimento de habilidades e valores de trabalho em equipe no ambiente escolar.

Ressalte-se que esse artigo é uma continuidade do estudo publicado no número anterior desta revista científica que apresentou os fundamentos teóricos e metodológicos da pesquisa realizada, com base em diversas pesquisas e autores (ANDRADE NETO, 2014; ANDRADE NETO et

al., 2022; CARVALHO, 2000, 2002, 2015; CARVALHO e ANDRADE NETO, 2019; CASASSUS, 2008; GONÇALVES, 2010; JOHNSON, JOHNSON, e SCOTT, 1978; JOHNSON, et al., 1981; JOHNSON e JOHNSON, 1983, 2015; JOHNSON, JOHNSON, e SMITH, 1998; NEWMANN e THOMPSON, 1987; RAMOS, 2008; RIBEIRO, 2006; MOREIRA, 2012; SHARAM e SHARAM, 1990; SLAVIN, 1989, 1990; SOUZA, 2015; TJOSVOLD e JOHNSON, 1978; TRYTTEN, 1999; VIEIRA, 2000).

Desenvolvimento da Pesquisa, Resultados e Análises

Como o projeto de pesquisa estava atrelado ao avanço das atividades acadêmicas cotidianas na EEEP-APT, buscou-se desde o princípio observar e registrar de forma objetiva os dados que permitiriam as análises posteriores. Para obter as informações e os dados que possibilitaram alcançar os alvos dessa pesquisa, desde o primeiro dia dessa pesquisa, as estratégias e ferramentas metodológicas foram utilizadas. Ressalte-se que na EEEP-APT, os gestores educacionais e docentes desde a inauguração da instituição já trabalhavam no sentido de estimular a cooperação entre os estudantes nas células de aprendizagem.

Desde essa perspectiva, todos os procedimentos são estratégias de pesquisa e avaliação numa perspectiva diagnóstica sobre o desempenho acadêmico e o desempenho cooperativo dos estudantes e de suas turmas, fornecendo a todos o *feedback* dessa avaliação, para que houvesse reflexão sobre os processos e retroalimentação ou modificação dos procedimentos.

Os Dados e a Análise sobre a Responsabilidade Individual dos Estudantes

O envolvimento do estudante com a execução da sua tarefa individual funciona como um forte indicador da sua Responsabilidade Individual que, de acordo com Johnson e Johnson (1981) está diretamente relacionado ao potencial individual de cada estudante para a prática da aprendizagem cooperativa. Esta influência a cooperação em cada célula e, por conseguinte, a turma como um todo. Essa afirmação pode ser justificada pela premissa de que, se cada componente não se sente responsável por sua parte individual no trabalho e não se esforça para realizá-la a contento, não será capaz de contribuir eficazmente para com o alcance da meta coletiva estabelecida pelo professor para a sua equipe.

Como se pode ver na sequência, de acordo com a Tabela 01 (abaixo), a turma **Técnica em Aquicultura** foi a que apresentou melhor resultado na primeira etapa, com o IDACT_{modCF} no valor de 68,74 % (ANDRADE NETO *et al*, 2022, p. 35-37). Na segunda etapa todas as turmas melhoraram seu desempenho acadêmico e cooperativo sendo a turma **Acadêmica** aquela com maior evolução em pontos percentuais saindo de 68,25 % para 90,24 % de IDACT_{modCF} (*idem*).

Tabela 01 – Valores de IDACT_{modCF} calculados sem considerar a frequência e considerando a frequência dos estudantes das quatro turmas e nas duas fases da pesquisa.

TURMA	Fases	IDACT _{mod} SF	Frequência	IDACT _{mod} CF	Média IDACT _{mod} 1 e 2
ACA	1	54,60	80,00	68,25	79,24
	2	76,70	85,00	90,24	
AGR	1	38,50	82,40	46,72	57,86
	2	54,10	78,40	69,01	
AQU	1	59,60	86,70	68,74	75,03
	2	71,40	87,80	81,32	
INF	1	52,10	81,80	63,69	72,53
	2	70,30	86,40	81,37	
IDACT _{mod} SF = IDACTmod sem considerar a frequência					
IDACT _{mod} CF = IDACTmod considerando a frequência					
Média IDACT _{mod} 1 e 2 = Média do IDACTmod da 1ª e 2ª fases					

De acordo com a Tabela 02 (abaixo), que especifica os níveis de cooperação e considera os valores de IDACT_{mod}CF obtidos por turma, verificou-se que na primeira fase todas as turmas foram consideradas “medianamente cooperativas” pois obtiveram valores entre 48,59 % a 72,89 %, exceto, a turma **Técnica em Agroindústria** que, foi classificada como “pouco cooperativa”. Veja abaixo:

Tabela 02 – Valores de IDACI⁴_{mod} absoluto e em percentagens, níveis de cooperação e descrição do *feedback* dado aos estudantes.

Níveis de Cooperação	IDACI ⁴ _{mod} absoluto e em %	PARECER individualizado para os estudantes
04 – Extremamente Cooperativo	416 – 428 ≥ 97,19%	<i>“Parabéns, você está no maior nível de cooperação. Pessoas como você são consideradas indispensáveis em qualquer célula, equipe ou comunidade. Mantenha-se firme nesse propósito de sempre garantir o sucesso daqueles que trabalham com você”.</i>
03 – Cooperativo	312 – 328 ≥ 72,89% e < 97,19%	<i>“Parabéns, você foi considerado um estudante com capacidade de cooperação acima da média. O seu desempenho prova que você se esforçou muito para ajudar seus colegas de célula e isso, certamente fez a diferença no seu aprendizado e no aprendizado deles”.</i>
02 - Medianamente Cooperativo	208 – 228 ≥ 48,59% e	<i>“Parabéns, pelo seu IDACI_{mod} você já pode ser considerado um ESTUDANTE MEDIANAMENTE COOPERATIVO e, certamente, você e seus colegas se beneficiaram dessa habilidade tão importante para a nossa sociedade. Esperamos que você continue se esforçando para ampliar sua capacidade de</i>

	< 72,89%	cooperar”.
01 – Pouco Cooperativo	104 – 128 ≥ 24,29 e < 48,59%	“Percebemos algum esforço de sua parte para cooperar com os colegas por isso você foi classificado como alguém que começou a jornada da cooperação com seus colegas. Continue se esforçando que você e todos os seus colegas da célula, da turma e da escola sairão ganhando”.
0 – Cooperação Insuficiente	0 – 28 < 24,29	“Pelo seu IDACI ⁴ _{mod} , percebemos que você não expressou a capacidade de cooperação latente que há em você, pois poderia ter sido melhor. Seria bom refletir sobre o porquê de você estar no nível de COOPERAÇÃO INSUFICIENTE. Saiba que se você faltou a aula seu IDACI ⁴ _{mod} diminuiu. Esperamos sua evolução nas próximas aulas”.

Na segunda etapa, apesar de perceber-se uma evolução no desempenho acadêmico e cooperativo de todas as turmas pelo aumento dos valores do IDACT_{modCF}, somente a turma **Acadêmica** passou para outro nível. Essa turma saiu de um IDACT_{modCF} de 54,6 % para 76,7 %, deixando assim de ser “Medianamente Cooperativa” para assumir a categoria de turma “Cooperativa”.

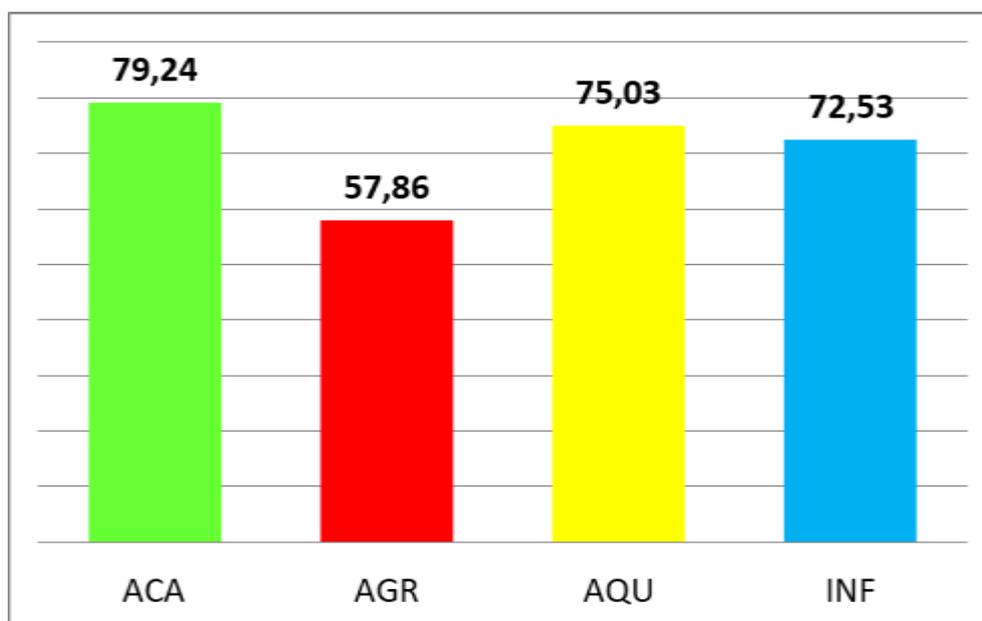


Figura 01 – Média entre os valores percentuais de IDACT_{modCF} da 1ª e da 2ª fases da pesquisa das turmas **Acadêmica, Técnica em Agroindústria, Técnica em Aquicultura e Técnica em Informática.**

Como se poder ver pela Figura 01 (acima), se considerarmos a média entre os valores percentuais de IDACT_{modCF} nas duas fases da pesquisa para as quatro turmas, a turma **Acadêmica** com 79,24 % e a turma **Técnica em Agroindústria** com 57,86, apresentam o maior e o menor valores, respectivamente.

Esse resultado nos permite visualizar que o número de células que alcançaram as metas cooperativas se elevou em todas as turmas na segunda etapa, sugerindo que houve uma maior interação promotora entre os estudantes, ou seja, maior interesse de todos pelo sucesso uns dos outros e, por conseguinte, maior aprendizagem.

Desempenho Acadêmico das Turmas (avaliação da aprendizagem individual e global)

Como pode se observar na Tabela 03 (abaixo), na primeira fase da pesquisa, a turma **Técnica em Aquicultura** foi a que obteve o melhor desempenho acadêmico com uma média de 61,7 % de rendimento percentual, ficando a turma **Técnica em Agroindústria** com o menor rendimento na aprendizagem (52,7 %). Já na segunda fase, apesar de todas as turmas terem evoluído na aprendizagem, a turma **Técnica em Agroindústria** foi a que apresentou pior rendimento e menor evolução (52,7 % a 56,7 %), mas por outro lado, nessa fase, a turma **Acadêmica** (57,5 % para 69,3 %) e turma **Técnica em Informática** (56,3 % para 67,9 %) foram as que tiveram maior evolução.

Quando se considera a média das avaliações individuais nas duas fases, a turma **Técnica em Aquicultura** é a que demonstra maior aprendizagem (64,6 %) e a turma **Técnica em Agroindústria** mantém-se na última colocação nesse critério.

Considerando desta vez a avaliação global após as oito aulas, verificou-se que a **turma Acadêmica**, com 65,9 % de rendimento, demonstrou maior aprendizado se contrapondo a turma **Técnica em Agroindústria** que, mais uma vez, apresentou o menor valor percentual (51,9).

Tabela 03 - Média das notas normalizadas de 0 a 100, atribuídas através das avaliações individuais (MAI) nas fases I e II da pesquisa, média das médias atribuídas através das avaliações individuais (MGAI) e média das notas atribuídas através da avaliação global (MAG) para as quatro turmas envolvidas na pesquisa.

TURMAS	MAI / ETAPAS		MGAI	MAG
	01	02		
Acadêmico	57,5	69,3	63,4	65,9
Agroindústria	52,7	56,7	54,7	51,9
Aquicultura	61,7	67,4	64,6	61,6
Informática	56,3	67,9	62,1	56,9
<i>MAI = Média das notas atribuídas nas avaliações individuais;</i>				
<i>MGAI = Média geral das notas atribuídas nas avaliações individuais;</i>				

MAG = Média das notas atribuídas na avaliação global.

Os dados apresentados através da Tabela 04 permitem-nos verificar o rendimento acadêmico das turmas, considerando-se apenas o critério de êxito individual. Na primeira fase a turma que apresentou maior percentagem foi a **Técnica em Aquicultura** com 73,9 % dos seus estudantes obtendo sucesso individual, ou seja, assinalando corretamente, pelo menos quatro dentre as sete afirmativas que compunham a avaliação individual, seguida pela turma **Técnica em Informática** com 71,0 %.

Na segunda etapa, todas as turmas aumentaram o número de estudantes que alcançaram a meta individual, mas a turma **Técnica em Informática** inverte a posição com a turma **Técnica em Aquicultura**, demonstrando maior desempenho (82,4%) nesse critério.

Apesar dos valores apresentados estarem muito próximos e, por isso tenham significado estatístico não conclusivo, pode-se observar que a turma **Técnica em Agroindústria** se distancia de todas as demais turmas de forma significativa. Os dados também parecem indicar que a turma **Técnica em Informática** apresenta estudantes com desempenho escolar semelhante aos das turmas **Acadêmica** e **Técnica em Aquicultura**.

Tabela 04 - Percentual de estudantes que atingiram a meta individual (acertaram no mínimo quatro pressupostos) nas quatro turmas pesquisadas.

TURMAS	ETAPAS		Média
	01	02	
Acadêmico	69,4%	81,1%	75,3
Agroindústria	63,2%	68,2%	65,7
Aquicultura	73,9%	81,7%	77,8
Informática	71,0%	82,4%	76,7

Desempenho Cooperativo dos Estudantes e seus Cursos

Nesse tópico serão analisados os dados apresentados na Tabela 05 que apresenta o número de estudantes por turma que, além de alcançarem sua meta individual, também participaram de CeACs que alcançaram a meta cooperativa.

Os dados da primeira fase mostraram que a turma **Técnica em Aquicultura** foi a que obteve o melhor resultado padronizado (59,45) e como se pode ver nas quatro aulas (09) 20,00 % estudantes dessa turma conseguiram que as suas quatro CeACs alcançassem a meta cooperativa, ou seja, todos participantes alcançaram a meta individual e nenhum deles participou de uma CeAC que não tenha alcançado esse critério de sucesso. Por outro lado, nessa mesma fase, a turma **Técnica em Agroindústria** que obteve o valor padronizado de 37,51 foi considerada a de menor desempenho, pois nenhuma das CeACs de (08) 18,18 % dos seus estudantes alcançaram a meta cooperativa.

Na segunda etapa, com todas as turmas melhorando o desempenho, pode-se evidenciar a turma **Acadêmica** mostrando a melhor nota padronizada (77,23) e novamente a turma **Técnica em Agroindústria** apresentando a nota mais baixa dentre as quatro turmas, ficando apenas com 21,06.

Quando se considera as médias das médias padronizadas (MMP), as turmas **Acadêmica** (24,22) e **Técnica em Aquicultura** (24,15) apresentam valores muito semelhantes, e a turma **Técnica em Agroindústria** mantém a posição de mais baixo desempenho.

Tabela 05 – Correlação entre números de estudantes de cada turma (NE / %E) versus seus níveis de desempenho cooperativo (NDC = 0, 1, 2, 3, 4) por turma nas fases 01 e 02 e a média ponderada, utilizando pesos 1, 2, 3, 4 e 5.

TURMAS	FASES	NÍVEIS DE DESEMPENHO COOPERATIVO / NÚMERO DE ESTUDANTES (%)					MP	MPN %	MMP %
		NDC 0	NDC 01	NDC 02	NDC 03	NDC 04			
		1	2	3	4	5			
ACA	1	2 4,44	13 28,89	11 24,44	13 28,89	6 13,33	21,18	54,44	65,83
ACA	2	0 0,00	3 6,67	5 11,11	22 48,89	15 33,33	27,26	77,22	
AGR	1	8 18,18	17 38,64	10 22,73	7 15,91	2 4,54	16,67	37,50	45,74
AGR	2	3 6,82	7 15,91	20 45,45	8 18,18	6 13,64	21,06	53,98	
AQU	1	0 0,00	13 28,89	11 24,44	12 26,67	9 20,00	22,52	59,45	65,55
AQU	2	0 0,00	5 11,11	6 13,33	24 53,33	10 22,22	25,78	71,66	
INF	1	1 2,27	10 22,73	17 38,64	16 36,36	0 0,00	20,61	52,27	61,36
INF	2	0 0,00	3 6,82	14 31,82	15 34,09	12 27,27	25,45	70,45	

MP (Media Ponderada) = $(\%E_4*5 + \%E_3*4 + \%E_2*3 + \%E_1*2 + \%E_0*1) / 15$

MPN - Média ponderada Normalizada de 0 a 100 %.

MMP – média das médias ponderadas da 1ª e 2ª etapas.

Frequência dos Estudantes nas Aulas durante a Pesquisa

De acordo com a Figura 02, que mostra os dados de infrequência dos estudantes, percebe-se que todas as turmas, exceto a turma **Técnica em Agroindústria**, diminuíram a infrequência da primeira para a segunda fase da pesquisa e a turma **Acadêmica** foi a que teve a maior redução no percentual de faltas. Na primeira fase a turma **Acadêmica** (20,0 %) e a turma **Técnica em Aquicultura** (13,0 %) foram as que apresentaram maior e menor infrequência, respectivamente. Durante a segunda fase, a turma **Técnica em Agroindústria** (21,6 %) foi a que apresentou a maior percentagem de infrequência de seus estudantes, seguida da turma **Acadêmica** (15,0 %), **Informática** (13,6 %) e por último com menor percentagem a turma da **Aquicultura** (12,2 %).

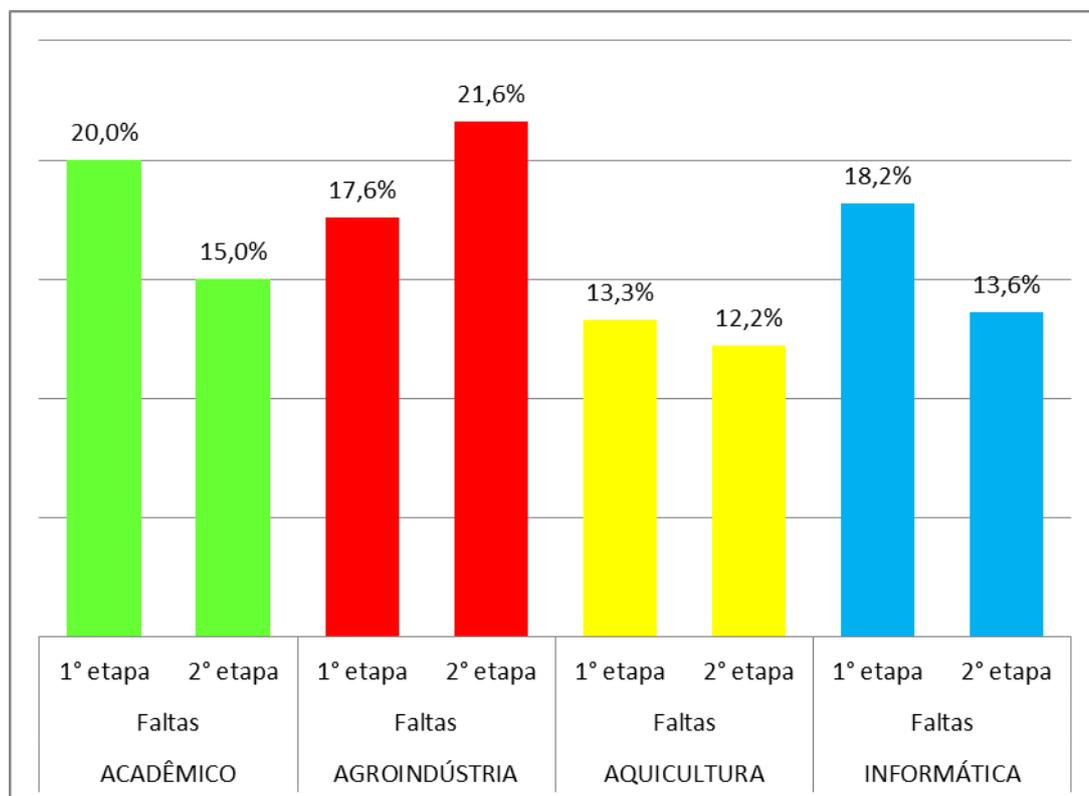


Figura 02 – Média percentual de infrequência para as turmas **Acadêmica**, **Técnica em Agroindústria**, **Técnica em Aquicultura** e **Técnica em Informática** durante as primeiras 04 aulas:

Investigação sobre a Responsabilidade Individual dos estudantes e a Interação Promotora entre eles

Durante a 2ª fase, nas aulas 5, 6, 7 e 8, foram recolhidos um total de 601 questionários preenchidos, sendo 150 para o curso técnico em Informática, 153 para o curso acadêmico, 158 para o curso técnico em Aquicultura e 140 para o curso técnico em Agroindústria. Nos tópicos a seguir são apresentados e discutidos os dados obtidos através dos questionários recebidos.

O Envolvimento dos Estudantes e sua Responsabilidade Individual

É importante salientar que uma atividade em grupo só é considerada cooperativa quando os participantes desse grupo estão envolvidos no alcance de objetivos comuns e se sentem responsáveis individualmente a trabalharem juntos pelo alcance desses objetivos. Em outras palavras, o alcance da meta coletiva com a responsabilidade de todos é uma condição *sine qua non* para a existência da cooperação.

Com o objetivo de medir o nível de Responsabilidade Individual dos estudantes, analisou-se os dados obtidos das respostas do Item 01 do questionário estruturado de auto avaliação aplicado ao final de cada aula, apresentado acima e, que trata do envolvimento dos estudantes com suas tarefas individuais.

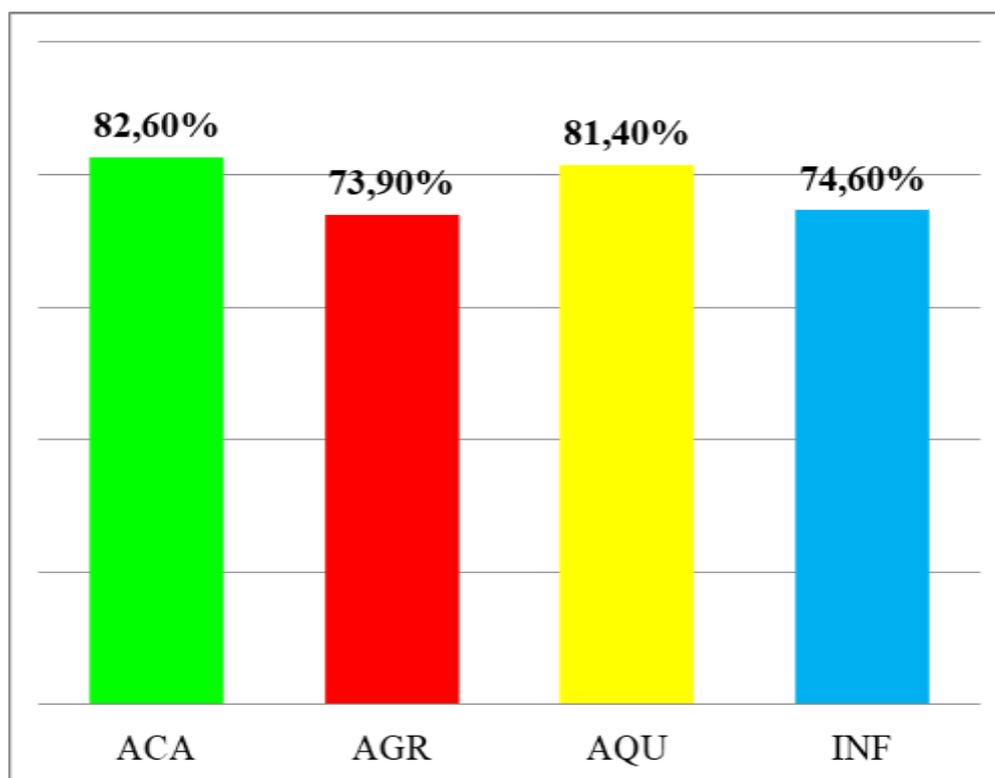


Figura 03 - Média percentual dos resultados sobre o envolvimento com a tarefa individual (item 01 do questionário de pesquisa) para as quatro turmas envolvidas na pesquisa.

A Figura 03 apresenta os dados correspondentes à resposta do item 01 como média ponderada das percentagens do número de estudantes que responderam cada opção do Item 01 que diz respeito ao envolvimento com a tarefa individual. Os dados mostram que a turma **Acadêmica** (93,5%), obteve a maior valor de média ponderada, seguida pelas turmas **Técnica em Aquicultura** (92,4%), **Técnica em Informática** (89,3%) e **Técnica em Agroindústria** (84,9%).

Quando analisamos os dados apresentados na Tabela 06, verificamos que as turmas **Técnica em Agroindústria** e **Técnica em Informática**, apresentam mais que o dobro da percentagem de seus estudantes que optaram por marcar as opções “Eu não fiz qualquer esforço para realizá-la” ou “Eu me esforcei pouco para realizá-la”, quando comparadas com as turmas **Acadêmica** e **Técnica em Aquicultura**.

Considerando a existência de uma relação direta entre envolvimento com a tarefa e responsabilidade individual, esses resultados são um indicativo de que a turma **Acadêmica** e a

turma **Técnica em Agroindústria** são aquelas em que seus estudantes demonstram maior e menor responsabilidade individual, respectivamente.

Esses dados são compatíveis com os que são apresentados na Figura 04, onde as turmas **Acadêmica** (79,24), **Aquicultura** (75,03), **Informática** (72,03) e **Agroindústria** (57,86) apresentaram a mesma sequência de valores para o IDACT_{mod}, índice que define a capacidade cooperativa de cada turma.

Esses resultados, no alcance da pesquisa, confirmam que a responsabilidade individual de cada estudante envolvido no trabalho em equipe afeta seu desempenho cooperativo e o de sua turma como um todo. Quanto mais um estudante assume suas responsabilidades individuais em relação às atividades de aprendizagem dos componentes curriculares, mais ele age cooperativamente em relação aos seus colegas de células.

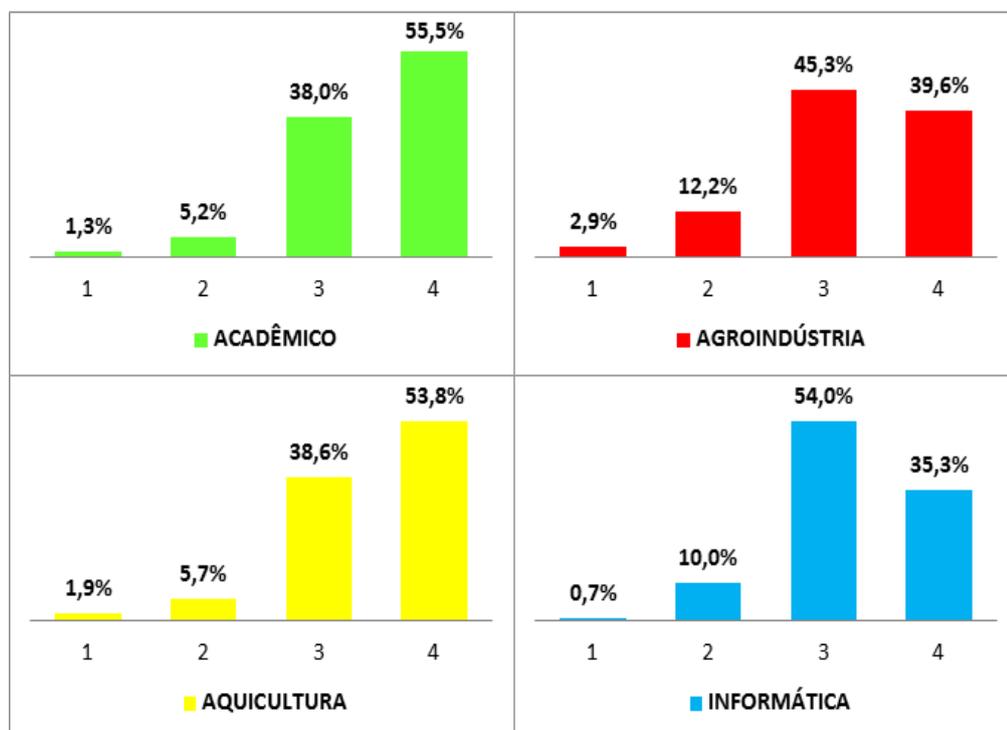


Figura 04 – Percentagens de estudantes que responderam cada opção do item 01 sobre o envolvimento com a tarefa individual.

Investigação sobre a Interação Promotora (itens 02, 03 e 04 do questionário estruturado)

Nesse tópico, pretende-se fazer uma correlação entre o nível de cooperação entre os estudantes de cada turma e a interação promotora entre eles. Compreende-se por interação promotora, a habilidade que os componentes de um grupo têm para compartilharem seus conhecimentos uns com os outros e de investirem no sucesso uns dos outros. Nesse trabalho

considerou-se que ela poderia ser medida avaliando-se a intensidade e a qualidade da interação entre os membros das células de aprendizagem e a percepção que cada componente teria sobre a efetividade da ajuda oferecida aos seus colegas.

Para investigar a correlação entre o nível de relacionamento dos estudantes participantes da pesquisa e o potencial cooperativo de suas turmas, foram analisados os dados obtidos das respostas dos itens 02, 03 e 04 do questionário estruturado, que não permitiu a identificação dos respondentes, aplicado ao final de cada aula e apresentados adiante. Nestes itens apresentados abaixo, procurou-se conhecer a percepção que cada estudante tinha sobre o relacionamento com seus colegas de célula (Item 04), a intenção deles de trabalharem uns com os outros em atividades posteriores (Item 02) e a percepção sobre a ajuda mútua entre eles (Item 03).

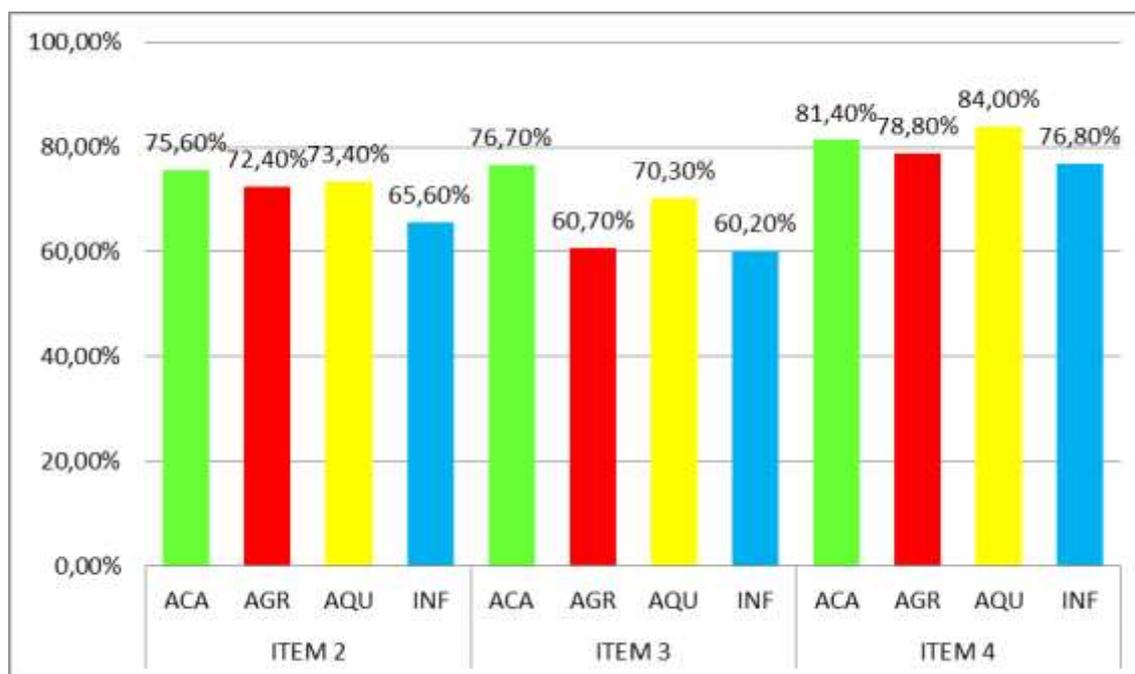


Figura 05 – Média percentual comparativa dos resultados sobre o relacionamento com os colegas (item 02, 03 e 04 do questionário de pesquisa) para as quatro turmas envolvidas na pesquisa.

Como pode ser evidenciado na Figura 05, as turmas **Acadêmica** e **Técnica em Aquicultura** foram aquelas em que os estudantes informaram que tinham melhor relacionamento com os colegas de célula (item 04), demonstraram mais disposição para trabalharem novamente juntos numa mesma equipe (item 02) e tiveram a percepção de que algum colega havia aprendido alguma coisa com eles (item 03). Por outro lado observa-se que as turmas técnicas em

Informática e *Agroindústria* foram aquelas em que seus estudantes obtiveram menor nota nesses quesitos analisados.

A média dos resultados das respostas das três questões (01, 02 e 03) pelos estudantes de cada uma das turmas, apresentada na Figura 06, foi considerada nessa pesquisa como o nível de interação promotora entre eles.

Os valores que correspondem aos níveis de interação promotora (Figura 06) entre os estudantes das turmas estão coerentes com aqueles apresentados nas Figuras 01 e 03, onde as turmas **Acadêmica** e **Aquicultura** são as que tiveram maior envolvimento com a tarefa individual e maior Índice de Desempenho Acadêmico e Cooperativo da Turma (IDACT_{mod}).

Esses resultados nessa pesquisa confirmam que a eficácia da cooperação na aprendizagem está relacionada com a intensidade e a qualidade das interações entre os estudantes participantes na célula de aprendizagem, ou seja, o bom relacionamento e a confiabilidade mútua entre eles facilita a aprendizagem cooperativa. Nesta mesma linha de raciocínio, o Dr. Nelson Piletti, da Universidade de São Paulo, foi claro e preciso quando afirmou que a cooperação como o trabalho conjunto com vistas aos objetivos do grupo, apresenta-se como “o processo educativo por excelência a ser estimulado na sala de aula” (1990, p. 210). Para ele, a cooperação “parece ser a síntese que inclui e ultrapassa os outros processos de interação” (idem). E é fácil entender o porquê dessa conclusão, pois ele afirma que “a cooperação exige a participação consciente dos membros do grupo para que sejam atingidos os objetivos coletivos”. Por fim, ele enfatiza que “considerando-se o grupo de sala de aula enquanto tal, a cooperação é o processo de interação social que mais contribui para a educação” (1990, p. 211).

A situação em que estudantes ficam nas células sem interagir positivamente com seus colegas poderá influenciar negativamente a execução das atividades coletivas propostas e, por conseguinte, o rendimento acadêmico e o desempenho cooperativo. Ressalta-se ainda que, uma forma de um estudante interagir positivamente com seus colegas é aprender o conteúdo estudado para compartilhá-lo. De acordo com a teoria do filósofo Sêneca, quando se aprende algo e se ensina alguém, aprende-se duas vezes mais.

De acordo com Juan Casassus (2008) o clima emocional na escola é a variável que mais influência a aprendizagem escolar, o qual está fortemente ligado ao modo como os estudantes interagem com o professor e principalmente entre si. Por isso diz-se que uma boa interação entre os estudantes na sala de aula é um fator importante para uma aprendizagem eficaz, independente da metodologia a ser utilizada. Pode-se ainda acrescentar que quando a aprendizagem pretende ser cooperativa, envolvendo a ajuda mútua entre os estudantes, uma boa interação entre eles deixa de ser somente importante para ser imprescindível. Isso é justificado, principalmente porque não há como cooperar sem que os envolvidos no processo cooperativo se disponham a promover o sucesso uns dos outros e a vivenciar seus conflitos de forma positiva. Acresça-se a isso, o fato de que a forma como os estudantes vivenciam seus conflitos depende principalmente da intensidade e da qualidade da interação entre eles.

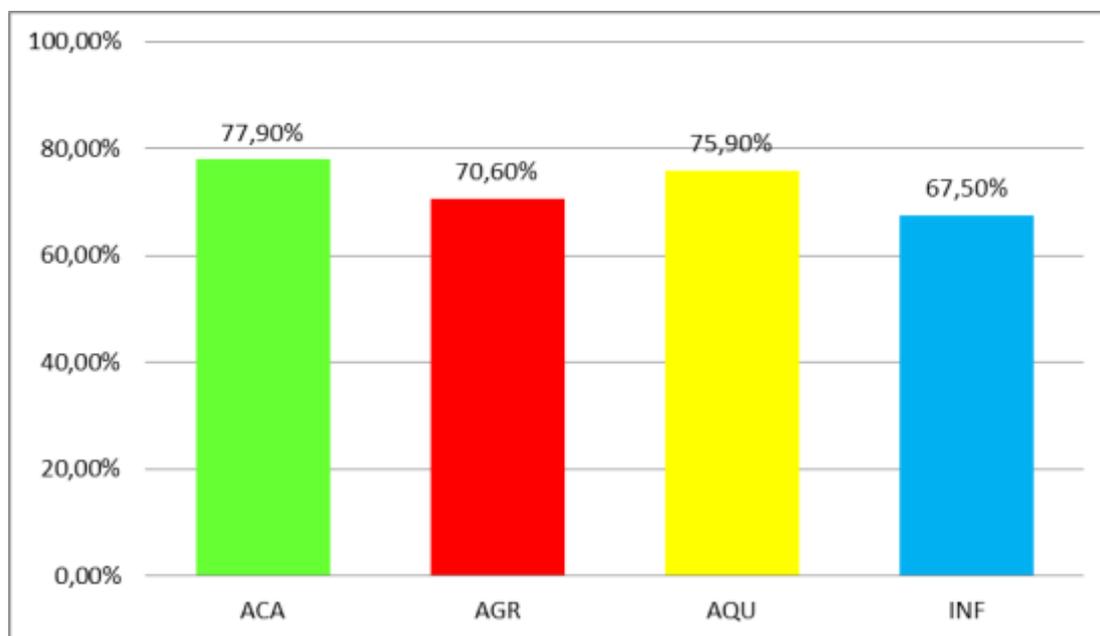


Figura 06 – Interação Promotora expressa pela média percentual dos resultados relativos às respostas aos itens 02, 03 e 04 relativa a resposta dos estudantes das turmas: **Acadêmica, Técnica em Agroindústria, Técnica em Aquicultura e Técnica em Informática.**

Análise estatística da avaliação do conhecimento global.

Para que se pudesse avaliar o aprendizado dos estudantes referente aos objetos de conhecimento abordados nas oito aulas realizadas, foi elaborada e aplicada uma avaliação geral de conhecimentos. Com base nessa avaliação, calculou-se a média percentual de acertos para cada Item e o cálculo foi realizado considerando cada turma separadamente, bem como os objetos de conhecimento abordados.

O percentual do número de estudantes por curso que acertaram cada item e, a descrição dos objetos de aprendizagem, relacionados a cada um deles estão esboçados nas Tabelas 06 e 07, respectivamente.

A análise comparativa do nível de dificuldade de cada item da avaliação de aprendizagem global e individual, através dos dados esboçados na Tabela 07, revelou que os itens 01 (92,5 %), 02 (74,8 %) e 07 (78,7 %) referentes à geometria molecular-linear, geometria molecular tetraédrica e classificação das bases, respectivamente, foram consideradas por todas as turmas como as mais fáceis. Por outro lado, os itens 04 (33,6 %), 06 (38,5 %) e 08 (35,4 %), que tratam sobre ligação covalente, ligações de hidrogênio e pH das substâncias, respectivamente, foram os que apresentaram maior grau de dificuldade.

Em relação à percentagem de acerto do item 04, a turma **Técnica em Aquicultura** se destacou porque 56,8 % de seus estudantes marcaram opção correta neste item, enquanto que as turmas **Acadêmica**, **Técnica em Informática** e **Técnica em Agroindústria** tiveram 29,5 %, 28,6 % e 19,5 % de acertos, respectivamente.

Comparando os resultados referentes aos itens que abordaram os objetos de conhecimento da 1ª fase com os da 2ª fase, verificou-se que as turmas **Técnica em Informática** e **Técnica e Aquicultura** tiveram menor desempenho nos itens que abordaram os objetos de conhecimento da 2ª fase, enquanto que as turmas **Acadêmica** e **Aquicultura** mostraram resultados opostos.

O ideal seria que todas as turmas tivessem o mesmo desempenho em relação a cada item, já que tiveram o mesmo professor, a mesma metodologia e o mesmo tempo de aula, mas muitos outros fatores podem estar envolvidos quando se considera essa questão.

Tabela 06 - Descrição dos objetos de aprendizagem relacionados a cada um dos itens de 01 a 10 da avaliação de aprendizagem global e individual.

ITENS	OBJETO DE APRENDIZAGEM RELATIVO AO ITEM
Item 01	Geometria molecular - Entender como os átomos estão organizados nas moléculas na forma espacial; Identificar as principais geometrias moleculares; Compreender as principais geometrias moleculares considerando os pares de elétrons não compartilhados.
Item 02	Geometria molecular - Entender como os átomos estão organizados nas moléculas na forma espacial; Identificar as principais geometrias moleculares; Compreender as principais geometrias moleculares considerando os pares de elétrons não compartilhados.
Item 03	Polaridade - Compreender polaridade das ligações e polaridade das moléculas e Diferenciar moléculas polares de moléculas apolares.
Item 04	Interações intermoleculares - Compreender os tipos de interações intermoleculares existentes nas substâncias nos estados sólido, líquido e gasoso; Diferenciar as interações intermoleculares: Pontes de hidrogênio, dipolo permanente e dipolo induzido.
Item 05	Ligações metálicas - Entender o motivo dos metais serem bons condutores de eletricidades; Identificar as principais propriedades dos metais; Entender o tipo de interação existente entre os metais.
Item 06	Propriedades dos ácidos - Caracterizar as substâncias ácidas; Identificar o radical de uma substância ácida.
Item 07	Propriedades das bases - Caracterizar as substâncias básicas; Identificar o radical de uma substância básica; Compreender a classificação das bases.
Item 08	Propriedades das bases - Caracterizar as substâncias básicas; Identificar o radical de uma substância básica; Compreender a faixa de pH correspondente as bases.
Item 09	Reação de neutralização - Caracterizar as substâncias neutras; Entender o produto formado numa reação ácido-base; Compreender a faixa de pH correspondente as substâncias neutras;

Item 10	Óxidos - Entender a definição de óxidos; Identificar os óxidos básicos, ácidos e neutros;
---------	--

Tabela 07 – Percentagens de acertos para cada item para cada turma nas duas etapas.

ITENS	TURMAS/ ETAPAS E PERCENTAGENS DE ACERTOS								MÉDIA	Δ
	ACADEMICA		AGROINDUSTRIA		AQUICULTURA		INFORMÁTICA			
	1	2	1	2	1	2	1	2		
1	95,5		92,7		86,4		95,2		92,5	9,1
2	75,0		70,7		77,3		76,2		74,8	6,6
3	59,1		41,5		52,3		61,9		53,7	20,4
4	29,5		19,5		56,8		28,6		33,6	37,3
5	63,6		34,1		59,1		50,0		51,7	29,5
Média 1ª Etapa	64,54		51,7		66,38		62,38		61,3	
6		40,9		39,0		45,5		28,6	38,5	16,9
7		95,5		68,3		79,5		71,4	78,7	27,2
8		47,7		26,8		40,9		26,2	35,4	21,5
9		79,5		68,3		56,8		64,3	67,2	22,7
10		72,7		58,5		61,4		66,7	64,8	14,2
Média 2ª Etapa		67,3		52,2		56,8		51,4	56,9	
MÉDIA GERAL	65,9		51,9		61,6		56,9		59,1	

Δ = diferença entre as questões de maior e menor percentagem de acerto, respectivamente.

Conclusões

A justificativa para fazer os alunos trabalhar em grupos é simples: o princípio fundamental da Aprendizagem Cooperativa é a cooperação e portanto, torna-se um dever pedagógico criar condições para que os alunos cooperem uns com os outros na construção da aprendizagem e do conhecimento. O grupo é o melhor espaço para que interações positivas e promotoras de aprendizagens ocorram.

Quando se olha desde a modernidade, encontramos autores e pesquisadores como o educador espanhol Antoni Zabala (2000), que tem sido uma das vozes mais eloquentes da modernidade na defesa da cooperação como estratégia e ferramenta de aprendizagens significativas. Zabala é explícito ao dizer que os professores devem “dinamizar as aulas para que se troquem experiências em grupos flexíveis, por vezes em duplas, para que os que sabem mais possam auxiliar os que sabem menos” e que “basta que [os alunos] ajudem uns aos outros” (2000, p. 12-15). Para ele, “o segredo de tudo está na participação dos alunos no processo de ensino, porque é impossível atender à diversidade se não considerarmos os alunos como agentes educadores dos seus companheiros” (idem).

A pesquisa conduzida na EEEP-ATP permite-nos várias conclusões e considerações sobre as interações oriundas do trabalho cooperativo em células educativas. Inicialmente pode-se ver

que as interações positivas nas células cooperativas têm impacto direto no resultado acadêmico escolar.

Um dos objetivos da pesquisa era avaliar o desempenho acadêmico e o desempenho cooperativo dos estudantes e das turmas a que pertencem, utilizando os resultados das avaliações parciais individuais e responder as seguintes questões:

A responsabilidade individual de cada estudante pode afetar o desempenho acadêmico e cooperativo das turmas?

O nível de interação promotora entre os estudantes pode afetar o desempenho acadêmico e cooperativo das turmas?

Os estudantes se sentem mais estimulados a cooperar entre si quando seu desempenho cooperativo é valorizado pelo (a) professor (a)?

Desempenho acadêmico e cooperativo versus responsabilidade individual e interação promotora.

Quando se analisou os dados de desempenho acadêmico das turmas, considerando a média das notas das avaliações parciais, verificou-se que as turmas, acadêmica e aquicultura se destacaram das demais, se revezando na obtenção do maior desempenho entre a 1ª e 2ª etapas. No entanto, quando essa análise foi realizada, considerando o desempenho individual, foram as turmas aquicultura e informática que se destacaram e se revezaram entre a 1ª e 2ª etapas na obtenção da maior nota.

Quando se comparou o desempenho cooperativo, a partir da percentagem de estudantes que participaram de células que foram consideradas cooperativas, ou seja, que alcançaram a meta cooperativa e a partir dos valores $IDACT^4_{modCF}$, foram as turmas Acadêmica e Aquicultura que apresentaram os maiores valores, revezando-se entre a 1ª e 2ª etapas na obtenção da maior nota.

A Agroindústria em todos dados analisados, sejam relativos a desempenho acadêmico, seja em relação ao desempenho cooperativo, dentre as quatro turmas foi aquela que apresentou o menor rendimento.

A comparação dos dados obtidos através do instrumento de pesquisa ao final de cada aula evidenciou que as turmas *Acadêmica* e *Aquicultura* demonstraram que seus estudantes apresentavam os maiores índices de responsabilidade individual e interação promotora, ficando as turmas da Agroindústria e da Informática com menor desempenho nesses quesitos.

Os resultados acima apresentados nos permitem inferir que a responsabilidade individual dos estudantes de uma turma, bem como a interação promotora entre eles tem um impacto significativo no desempenho acadêmico e cooperativo individual e coletivo das turmas.

Feedback sobre desempenho cooperativo – compreensão da interdependência positiva.

Quando se comparou o desempenho das turmas nas duas etapas da pesquisa, verificou-se que todas elas tiveram uma evolução tanto no desempenho acadêmico, quanto no desempenho cooperativo, seja analisando através da média das avaliações individuais, seja através da porcentagem de estudantes que alcançaram a meta individual em cada turma ou pelo IDACT.

Acredita-se que, a evolução da cooperação em sala de aula pode ser justificada pelo fato de o professor ter criado uma estratégia objetiva para que os estudantes pudessem visualizar de forma prática a existência da interdependência positiva entre eles.

Quando os estudantes receberam o boletim com o valor do IDACT⁴_{mod} no final da primeira etapa, eles tomaram consciência de que estavam sendo avaliados, e a partir daí compreenderam com mais clareza os fatores que estavam envolvidos no cálculo desse desempenho e concluíram que ele não dependia somente de sua capacidade cognitiva, mas também do desempenho dos seus colegas. Assim, na segunda etapa da pesquisa eles já compreendiam que para garantir o alcance da meta cooperativa pela sua célula, eles além de aprender a sua parte da tarefa individual, também deveriam se esforçar para que seus colegas aprendessem o que eles haviam aprendido.

Assim nessa etapa, eles passaram a interagir mais de forma promotora, ou seja, se esforçaram mais para ensinar uns aos outros e aprender uns com os outros e quanto mais eles se esforçavam, melhor se desempenhavam academicamente. Supõe-se que, alguns estudantes com maior facilidade de aprendizagem, ao invés de se queixarem dos seus colegas com maior dificuldade de aprender tenham sido mais proativos e investiram mais tempo em ajudá-los, já que aqueles passaram a ter clareza de que seu desempenho cooperativo individual dependia também do sucesso desses seus colegas. Por outro lado, os estudantes menos motivados para os estudos e/ou com maior dificuldade de aprendizagem, compreendendo que o envolvimento deles nas atividades fazia diferença não somente no seu desempenho individual, mas também no desempenho dos colegas, aumentaram mais o seu empenho no desenvolvimento das tarefas individuais e coletivas.

Além do estímulo de receberem *feedback* individualizado do seu desempenho cooperativo, os estudantes também se sentiram mais motivados quando foram desafiados pelo professor a alcançarem metas individuais e coletivas (interdependência positiva de metas) e quando foram comunicados com clareza sobre os critérios de sucesso para o alcance dessas metas.

Acredita-se que com criativas e repetidas atividades dessa natureza, os componentes de uma célula de aprendizagem cooperativa podem perceber paulatinamente, a importância da

interdependência positiva entre eles e, desenvolverem a habilidade para cooperar entre si de forma efetiva.

A pesquisa encerrou-se ao final da segunda etapa, mas acredita-se que havendo esforço do professor para continuar utilizando essa estratégia de estímulo, a turma poderá se tornar “extremamente cooperativa” e estabelecer a cultura da cooperação de forma efetiva.

Esses resultados estão completamente de acordo com as pesquisas realizadas por David Johnson e Roger Johnson (1978, 1981, 1983 e 2015), quando se refere a interdependência positiva como o coração da aprendizagem cooperativa, já que para que haja cooperação, os estudantes precisam compreender que dependem mutuamente uns dos outros e que eles não obterão sucesso se não perceberem que o sucesso de um é o sucesso de todos e que quando um fracassa todos fracassam. Não é comum os estudantes terem essa compreensão, apesar da cooperação estar presente em todas as relações vitais a existência dos seres vivos. De fato, ela é cada vez mais desestimulada e até desvalorizada na sociedade moderna, principalmente devido à valorização e a institucionalização da competição.

Considerações finais

Face às conclusões acima apresentadas, podemos apresentar algumas sugestões aos docentes da EEEP-ATP, que faz uso contínuo da aprendizagem cooperativa:

- Recomendamos a utilização dessa estratégia de avaliação do desempenho cooperativo na sala de aula por todos os professores da escola para, além de estimular a aprendizagem, também valorizar a cooperação em sala de aula e colaborar para o desenvolvimento das habilidades cooperativas dos estudantes;
- Aos coordenadores e docentes da AC, aproveitar a estratégia para estimular os estudantes a frequentarem as aulas, chamando regularmente a atenção deles para a correlação existente entre o desempenho cooperativo e a frequência deles em sala de aula, já que, quando eles faltam à aula, tanto o seu desempenho individual (IDACI) quanto o desempenho coletivo da turma (IDACT) são afetados negativamente.
- E também, sempre estabelecer tarefas e metas individuais para estimular a responsabilidade individual dos estudantes;
- Procurar estabelecer metas coletivas para aumentar a consciência da interdependência positiva entre os estudantes e ao mesmo tempo estimular a interação promotora entre eles.
- Aplicar essa estratégia em todas as turmas da escola no segundo semestre do primeiro ano, período em que os estudantes já estão mais confortáveis com a metodologia da aprendizagem cooperativa, para avaliar as potencialidades e limitações das turmas no sentido de, caso necessário realizar as intervenções pedagógicas para ampliar a aprendizagem.

Referências Bibliográficas

ANDRADE NETO, Manoel. (2014) Programas PRECE (Programa de Educação em Células Cooperativas) e PACCE (Programa de Aprendizagem Cooperativa em Células Estudantis) da Universidade Federal do Ceará. Disponível em:

<http://www.prece.ufc.br/>; <http://www.prograd.ufc.br/programas-e-acoaes/231-pacce-programa-de-aprendizagem-cooperativa-em-celulas-estudantis>

ANDRADE NETO, Manoel; CARVALHO, Frank Viana; SOUZA, Francisco Milton de; LOPES, Elton Luz; CUNHA, Ubiratan de Araujo; QUEIRÓS, Talita Feitosa de Moisés. Aprendizagem Cooperativa em Aulas de Química – Fundamentação Teórica: análise da correlação entre desempenho acadêmico e cooperativo versus responsabilidade individual e interação promotora numa Escola Estadual de Educação Profissional em Pentecoste-CE. Revista Scientia Vitae, São Roque - SP, v.13, n.37, ano 9, p. 25 a 41, abr./mai./jun. 2022.

CARVALHO, Frank Viana. Pedagogia da Cooperação: trabalhando com os grupos através da Aprendizagem Cooperativa. Engenheiro Coelho-SP, Editora UNASPRESS, Edições de 2000 e 2002.

_____. Trabalho em Equipe, Aprendizagem Cooperativa e Pedagogia da Cooperação. São Paulo, Editora Scortecci, 2015.

_____. ANDRADE Neto, Manoel. Metodologias Ativas: Aprendizagem Cooperativa, PBL e Pedagogia de Projetos. São Paulo: República do Livro, 2019, 122 p.

CASASSUS, Juan. O clima emocional é essencial para haver aprendizagem. Revista Nova Escola, 01 de Dezembro de 2008. Disponível em:

<https://novaescola.org.br/conteudo/878/juan-casassuso-clima-emocional-e-essencial-para-haver-aprendizagem>

GONÇALVES, Lúcia Maria Pereira. A aprendizagem cooperativa: contributo para a melhoria das competências cognitivas e sociais de alunos com e sem N. E. E.'. Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em Vila Real, Portugal, 2010.

JOHNSON, Roger T., JOHNSON, David W. e SCOTT, Linda. "Os Efeitos do Ensino Cooperativo e da Instrução Individualizada sobre os Estudantes - Atitudes e Conquistas Acadêmicas", Journal of Social Psychology 104:2 (abril de 1978), pp 207-216.

JOHNSON, David W., et all., "Os efeitos dos Modelos de Ensino que envolvem a Cooperação, o Individualismo e a Competição no sucesso pessoal dos estudantes: uma metanálise", Psychological Bulletin 89:1 (janeiro 1981), pp. 47-62.

JOHNSON, Roger T. e JOHNSON, David W. "A Socialização e a Crise da Busca da Realização: está a solução nas experiências Cooperativas de Aprendizagem?", Applied Social Psychology Annual 4 (Beverly Hills, California, Sage Publications, 1983), pp. 119-159.

JOHNSON, David W., JOHNSON, Roger T., SMITH, Karl. A aprendizagem Cooperativa retorna à Faculdade: Que provas existem de que ela funciona? USA, Universidade de Minnesota. Review Change, 30(4), 26-36. 1998. Disponível em <http://www.sjsu.edu/advising/docs/CooperativeLearning.pdf>

JOHNSON, Roger T., JOHNSON, David W. "A Aprendizagem Cooperativa nunca morrerá". Palestra proferida no Congresso Mundial de Aprendizagem Cooperativa em Odense, Dinamarca. (01 a 03/10/2015). Anais do IASCE disponíveis em <http://iasce2015.ucl.dk/home/programme/conference-overview/> Acesso em 01/11/2015.

NEWMANN F. M. e Thompson, J. "Efeitos da Aprendizagem Cooperativa no sucesso Acadêmico em Escolas Secundárias: um sumário de pesquisas". Madison, Wisconsin: University of Wisconsin, National Center on Effective Secondary Schools, (1987).

RAMOS, Rita. A aprendizagem cooperativa no ensino-aprendizagem das Ciências Naturais – o método STAD'. Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em Vila Real, Portugal, 2008.

RIBEIRO, Celeste Maria Cardoso. Aprendizagem cooperativa na sala de aula: uma estratégia para aquisição de algumas competências cognitivas e atitudinais definidas pelo ministério da educação – Um estudo com alunos do 9º ano de escolaridade'. Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em Vila Real, Portugal, 2006.

MOREIRA, Joana Isabel Dias. A aprendizagem cooperativa: Aplicação ao 8.º ano de escolaridade na disciplina de História. Relatórios finais do Mestrado em Ensino de História e Geografia, Universidade do Porto, Portugal, 2012.

SHARAM, Yael Sharam e SHARAM, Shlomo. Grupos de Investigação expandem a Aprendizagem Cooperativa. Educational Leadership Magazine. USA, Virginia, dezembro de 1989, janeiro de 1990.

SLAVIN, Robert. "Sucesso Acadêmico e Aprendizagem Cooperativa – Organização da Escola e da Sala de Aula", Hillsdale, NJ, Erlbaum, 1989.

_____. "Pesquisas sobre Aprendizagem Cooperativa: Consensos e controvérsias". Educational Leadership 47:4 (dez 1989/jan 1990), pp. 52-54.

SOUZA, Francisco Milton de. Aprendizagem Cooperativa em Aulas de Química: Análise da Correlação entre Desempenho Acadêmico e Cooperativo *versus* Responsabilidade Individual e Interação Promotora na Escola Estadual de Educação Profissional Alan Pinho Tabosa em Pentecoste-Ce. Dissertação de Mestrado apresentada na Universidade Federal do Ceará, 2015.

TJOSVOLD, Dean e JOHNSON, David W. "Controvérsia entre as perspectivas educacionais contemporâneas a partir de análises entre o contexto competitivo e o contexto cooperativo". Contemporary Educational Psychology 3 (1978), pp. 376-386.

TRYTTEN, Deborah A. Progredindo do trabalho em pequenos grupos para a aprendizagem cooperativa: um estudo de caso na ciência da computação. USA, Universidade de Oklahoma, Journal of Engineering Education, 85-91, 1999. Disponível em <http://fie.engrng.pitt.edu/fie99/papers/1289.pdf>; e em Cooperative-Learning/; e Positive Interdependence, Individual Accountability, Promotive Interaction: Three Pillars of Cooperative Learning, disponível em: https://www.uwstout.edu/soe/profdev/resources/upload/acl_piiapi.pdf, 1999.

VIEIRA, Pedro Nuno Bessa. Estratégias alternativas de ensino-aprendizagem na matemática: estudo empírico de uma intervenção com recurso à aprendizagem cooperativa, no contexto do Ensino Profissional. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Portugal, 2000.

¹ Manoel Andrade Neto. Bacharel, Mestre e Doutor em Química pela UFC - Universidade Federal do Ceará, Pós-Doutor em Química pela Universidade de Iowa (USA), docente titular da UFC, é o fundador e Coordenador do Programa PRECE (Programa de Educação em Células Cooperativas) e um dos fundadores do PACCE (Programa Educacional de Células Cooperativas Estudantis) da Universidade Federal do Ceará. E-mail: andradneto@gmail.com;

² Frank Viana Carvalho. Licenciado e Mestre em Educação (Pedagogia) pelo UNASP, Mestre, Doutor e Pós-Doutor em Filosofia pela Universidade de São Paulo, atualmente diretor do Instituto Federal de São Paulo, campus São Roque, é o coordenador do Programa Permanente de Capacitação e Formação Docente 'Pedagogia da Cooperação'. E-mail: fvc.frank@gmail.com;

³ Francisco Milton de Souza. Licenciado em Química e mestre em Química Orgânica pela Universidade Federal do Ceará. Atua na EEEP-APT desde a sua fundação em 2012 e ex-estudante do PRECE – Programa de Educação em Células Cooperativas;

⁴ Elton Luz Lopes. Licenciado, Mestre e Doutor em Química pela Universidade Federal do Ceará. Atua na Direção da EEEP-ACT desde a sua fundação em 2012;

⁵ Ubiratan de Araújo Cunha. Professor de Química, licenciado em química pela Universidade Estadual do Ceará, engenheiro químico e mestre em Química pela Universidade Federal do Ceará. Colaborador na sistematização da metodologia da Aprendizagem Cooperativa e Solidária, Membro-fundador da Cidade do PRECE. E-mail: cunhua@gmail.com;

⁶ Talita Feitosa de Moisés Queirós. Psicóloga e Mestra em Avaliação de Políticas Públicas pela Universidade Federal do Ceará, MBA em Gestão de Pessoas. Colaboradora na sistematização da metodologia da Aprendizagem Cooperativa e Solidária, Associada do Instituto Coração de Estudante, Membro- fundadora da Cidade do PRECE. E-mail: talitafdemoises@gmail.com

Este artigo:

Recebido em: 05/2022

Aceito em: 09/2022

Como citar este artigo:

ANDRADE NETO, Manoel; et al. Aprendizagem Cooperativa em Aulas de Química: Uma análise prática da correlação entre desempenho acadêmico e cooperativo versus responsabilidade individual e interação promotora na EEEP-APT em Pentecostes-CE. *Revista Scientia Vitae*, São Roque – SP, v.13, n.38, ano 9, p. 46-67, jul./ago./set. 2022.