

Avaliação do pré-tratamento hidrotérmico alcalino de gramíneas *Pennisetum* spp. e *Panicum* spp.

GODINHO, Emmanuel Zullo
CANEPPELE, Fernando De Lima
GASPAROTTO, Helio Vagner

Resumo

O objetivo deste experimento foi avaliar o pré-tratamento hidrotérmico alcalino em *Pennisetum purpureum* cv., capim-elefante, e em *Panicum maximum* cv., mombaça, utilizando o hidróxido de sódio (NaOH), em diferentes temperaturas sobre os teores de lignina e celulose. Para isso, foi montado um arranjo experimental que permitiu avaliar, por meio de Análise de Variância (ANOVA), os efeitos significativos da temperatura nas diferentes biomassas. Os ensaios foram realizados em quadruplicata, de modo a possibilitar o cálculo da ANOVA bem como as comparações de médias duas a duas para as respostas obtidas, por meio de testes estatísticos. Conforme resultados obtidos, os teores médios de celulose, para o pré-tratamento com NaOH na temperatura de 80 e 90°C do capim-elefante, foram de 57,21 e 58,00%, respectivamente, já no mombaça foram de 48,28 e 48,84%, respectivamente. Os teores médios de lignina para o capim-elefante foram de 14,82 e 14,05%, já no mombaça foi de 16,31 a 16,32%, respectivamente. Finalizando como o melhor resultado para a obtenção da celulose e lignina, foi com a utilização do capim-elefante no pré-tratamento com NaOH a 90°C, pois quanto maior a exposição da celulose, mais eficiente o resultado na produção alcoólica.

Palavras-chave: Biocombustíveis; Lignina; Celulose; Hidróxido de sódio (NaOH).

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate the alkaline hydrothermal pretreatment in *Pennisetum purpureum* cv elephant grass and *Panicum maximum* cv mombaça using sodium hydroxide (NaOH) at different temperatures on lignin and cellulose contents. For this purpose, an experimental arrangement was created that allowed the evaluation by means of Variance Analysis (ANOVA) of the significant effects of temperature and on different biomasses. The tests were performed in quadruplicate in order to enable the calculation of The ANOVA as well as the comparisons of means two by two for the responses obtained, through statistical tests. According to the results obtained, the average cellulose contents for pretreatment with NaOH at 80 and 90°C in elephant grass were 57.21 and 58.00%, respectively, in mombaça were 48.28 and 48.84%, respectively. The mean lignin contents for elephant grass were 14.82 and 14.05%, while in mombaça it was 16.31 to 16.32%, respectively. Finishing with the best result to obtain cellulose and lignin were with the use of elephant grass in the pretreatment with NaOH at 90°C, because the greater the cellulose exposure, the more efficient the result in alcoholic production.

Keywords: Biofuels; Pre-treatment; Sodium hydroxide (NaOH).

Resumen

El objetivo de este experimento era evaluar el pretratamiento hidrotérmico alcalino en hierba de elefante *Pennisetum purpureum* cv y cv mombasa máxima de pánico utilizando hidróxido de sodio (NaOH) a diferentes temperaturas sobre contenido de lignina y celulosa. Para ello, se creó un acuerdo experimental que permitió la evaluación mediante análisis de varianza (ANOVA) de los efectos significativos de la temperatura y en diferentes biomassas. Las pruebas se realizaron en cuatripartito con el fin de permitir el cálculo de La ANOVA, así como las comparaciones de los medios dos por dos para las respuestas obtenidas, a través de pruebas estadísticas. Según los resultados obtenidos, los contenidos medios de celulosa para el pretratamiento con NaOH a 80 y 90°C en hierba de elefante fueron del 57,21 y 58,00%, respectivamente, en mombasa fueron del 48,28 y 48,84%, respectivamente. El contenido medio de lignina para la hierba de elefante fue del 14,82 y del 14,05%, mientras que en mombasa fue del 16,31 al 16,32%, respectivamente. Terminando con el mejor resultado para obtener celulosa y lignina fueron con el uso de hierba elefante en el pretratamiento con NaOH a 90°C.

Palabras clave: Biocombustibles; Tratamiento previo; Hidróxido de sodio (NaOH)

INTRODUÇÃO

Com as mudanças ocorridas pós revolução industrial, o mundo está cada vez mais necessitando do uso de energia fóssil (Walston et al., 2016), entretanto, este uso abusivo de energias provindas de materiais fósseis acarretam problemas ao meio ambiente. Por isso, a produção de energia advinda de fontes sustentáveis como, por exemplo, a biomassa que oferece grandes vantagens energéticas, ambientais e econômicas (BLOIS et al., 2017).

Os biocombustíveis são altamente eficientes energeticamente na substituição dos derivados de petróleo (MAIA E SÁ et al., 2013). O biocombustível mais conhecido é o bioetanol, este por sua vez pode ser produzido por diversas fontes de matérias-primas como: a cana-de-açúcar, o milho, o sorgo, os resíduos de madeira e, principalmente, as gramíneas (NIKOLIĆ et al., 2017).

As plantas possuem dois componentes importantes que devem ser estudados, a celulose e a lignina (Tyler et al., 2011), são também chamados de materiais lignocelulósicos, pois a celulose é a célula que deve ser transformada com a presença do fungo para a fermentação alcoólica (Phitsuwan; Sakka; RatanakhanokchaI, 2016) e a lignina tem o papel estrutural importante dando uma alta rigidez em uma planta (HE et al., 2015) e (GODINHO et al., 2019).

A celulose é uma célula que está presente na planta em torno de 33 a 51%, seguido da hemicelulose com 19 a 34% e a lignina de 10 a 20% (FERREIRA et al., 2019). Nos últimos anos, as pesquisas com bioenergia, principalmente a produção de bioetanol, está focado nas metodologias laboratoriais, onde a academia busca reduzir a presença da lignina e a maior exposição a celulose (TREVISAN; REZENDE, 2020). Com isso, a melhor metodologia é a aplicação do pré-tratamento nas biomassas, pois o mesmo tende a remover ou desestruturar a lignina e, conseqüentemente, aumentar a exposição da celulose para a operação de hidrólise enzimática (GODINHO et al., 2019).

O pré-tratamento utilizando o hidróxido de sódio NaOH está tendo maior eficácia quando se deseja ter uma maior conversão de biomassa em relação à produção de bioetanol (CARDONA et al., 2013).

Com estas considerações, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o pré-tratamento hidrotérmico alcalino NaOH no capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e no capim-mombaça (*Panicum maximum*) para obter melhor exposição de celulose para fermentação alcoólica.

METODOLOGIA

Foi conduzido experimento à campo e laboratorial no Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo (CAEAAC), no Município de Palotina, de Latitude Sul 24°20'49" e de

Longitude Oeste 53°45'19". A característica do solo da região do Oeste Paranaense, segundo Belusso e Serra (2006), onde é predominado o solo tipo 3 (solos Nitossolos e Neossolos Nitólitos) (> de 35% de argila), com um clima caracterizado como (Cfa mesotérmico), sofre influências do clima temperado úmido no verão com altas temperaturas.

O experimento foi desenvolvido do mês de março a outubro de 2019, totalizando 300 dias, sendo 180 dias do plantio a colheita dos materiais e 120 dias com as análises quantitativas. O experimento ocorreu à campo no setor de pesquisa e desenvolvimento do colégio, utilizando os capins *Pennisetum purpureum* cv., capim-elefante, e *Panicum maximum* cv., mombaça.

Foi realizada uma análise de solo, para conhecer as características químicas em uma possível operação de calagem (aumento do pH do solo), conforme orientação de Natale et al. (2007). Os resultados da análise química de solo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo

Amostras de solo (m)	pH	S.B.	H+Al	Ca	Mg	K	Al	P
	H ₂ O	(%)			cmmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³
0-0,20	6,15	15,32	0,31	10,50	3,60	1,22	0,1	12,42

Fonte: Autores.

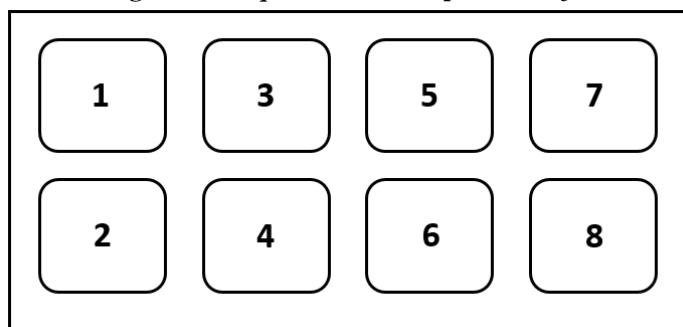
S.B.: soma de bases (soma Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺); **Ca:** cálcio; **Mg:** magnésio; **K:** potássio; **Al:** alumínio; **P:** fósforo

Resultando em uma não aplicabilidade de fazer uma adubação ou correção de calagem específica, conforme Coutinho et al. (2014), as touceiras para o transplântio foram retiradas de áreas do mesmo colégio.

Após a análise do solo, os canteiros foram capinados manualmente com enxadas, e posterior os mesmos foram levantados manualmente em tamanhos de 2m x 2m, ou seja, 4m², com 0,3m de altura do canteiro para a região basal do solo. Este trato cultural ocorreu para que o solo pudesse ficar mais apto para a semeadura e que fosse feito o destorroamento das partes mais compactadas, este processo se deu para que os tratamentos fossem divididos corretamente.

As divisões dos canteiros foram ajustadas em 8 blocos, destes colocados lado a lado sendo divididos a cada 2 canteiros um bloco. Os canteiros possuíam 10 touceiras (planta) de cada material, sendo que o canteiro 1, 4, 6 e 7 era o capim-elefante e, nos 2, 3, 5 e 8 capim-mombaça, sendo justificado a aplicação de 4 repetições. O experimento foi conduzido em DIC totalizando 80 plantas, sendo 40 de capim-elefante e 40 de mombaça, conforme Figura 1.

Figura 1. Croqui da área de experimentação



Fonte: Autores

A colheita ocorreu 120 dias após o transplante, e estes materiais foram acondicionados em sacos de lixo de 20 L para que pudessem ser levados ao laboratório em seguida iniciar as análises químicas.

No laboratório, os capins foram cortados com uma tesoura de costura da marca MUNDIAL Preto Aço Inoxidável Resina Termoplástica para que pudessem ser colocados nas bandejas de alumínio, onde foram secos em estufa de secagem e esterilização (Nova Instruments, modelo HI 1514) à temperatura de 45°C por 3 dias. Em seguida foram triturados em um Liquidificador Philco PH900 12 Velocidades 1200W - Preto e estocados em sacos de polipropileno, sob refrigeração simples, até o seu uso.

O pré-tratamento consistiu em tratar os capins com hidróxido de sódio (NaOH) de acordo com procedimento descrito por HARI KRISHNA et al. (2000). Pesou-se 5,0 g do capim triturado e seco, transferindo-se para um erlenmeyer de 250,0 mL juntamente com solução de NaOH a 4% (20,0 mL de solução por grama de capim), ou seja, 100,0 mL total. As suspensões foram levadas ao banho-maria nas temperaturas de 80 e 90°C à 45 min., para ambas as temperaturas. Após o tempo do banho-maria a suspensão foi submetida à filtração a vácuo, utilizado uma bomba a vácuo, onde o material recuperado (sólido filtrado) foi lavado com água corrente, neutralizado com ácido fosfórico (H₃PO₄) concentrado a 70%.

Posterior ao pré-tratamento, as amostras foram adicionadas em bandejas de metal, levando-as à estufa para secagem, sendo cada camada de filtrado (capins tratados) apresentando-se com, aproximadamente, 1 cm de espessura. A temperatura da estufa foi de 65°C, até peso constante das amostras.

Os métodos analíticos para determinação da celulose (%) e da lignina (%) foram adaptados por Godinho et al. (2019).

Pesou-se amostras de 1g de capim tratado, transferiu-se as amostras para Erlenmeyer e adicionou-se 16,5 mL de reagente ácido, previamente preparado com ácido acético glacial (CH₃CO₂) (72,73%), água destilada (18,18%) e ácido nítrico (HNO₃) (9,09%), ou seja, 12,0 mL de

ácido acético glacial, 3,0 mL de água destilada e 1,5 mL de ácido nítrico. Para a etapa de digestão da celulose as amostras foram colocadas em banho-maria a 80°C, por 30 min. Após a digestão, adicionou-se 20,0 mL de álcool etílico (C₂H₆O), na filtração adicionou-se 20,0 mL de benzeno quente (C₆H₆) e, finalmente adicionou-se 20,0 mL de éter sulfúrico ((C₂H₅)₂O), a 65°C. O conteúdo filtrado foi levado à estufa a 105±2 °C até peso constante para fins de calcular o teor de celulose presente na amostra, a partir da Equação 1.

$$TE (\%) = \left(\frac{M_{fc} - M_f}{M_a} \right) * 100 \quad (1)$$

Onde:

M_{fc} = massa do funil (g) + celulose (g);

M_f = massa do funil (g);

M_a = massa da amostra (g);

TE = teor de celulose (%).

Tomou-se 1g de capim tratado e transferiu-se cada amostra para um béquer, em seguida adicionou-se 17,0 mL de ácido sulfúrico (72,0%) (m/m) o mesmo estava resfriado em geladeira de 10 a 15°C, antes do uso. Agitou-se vigorosamente o material com um bastão de vidro, até homogeneização, até formar uma pasta. As amostras foram colocadas em uma capela para deixar em digestão por 24 h. Posteriormente o ácido sulfúrico que estava na digestão junto com o capim, foi diluído para 4,0% adicionando-se 289,0 mL de água destilada, e todo conteúdo foi transferido para um balão de fundo redondo de 500 mL colocada em uma torre de refluxo e mantida por 4 h. Por fim, o conteúdo do balão precisou ser filtrado e levado à estufa a 80±2°C até massa constante. Após a secagem em estufa, o material precisou ser incinerado, então colocou-se as amostras em cadinhos e levou-as à mufla a 500±2°C por 2 h, pesou-se a amostra incinerada, para determinação do teor de cinza a partir da Equação 2 e teor de lignina presente no capim pela Equação 3.

$$TC (\%) = \left(\frac{M_{fc} - M_f}{M_a} \right) * 100 \quad (2)$$

$$TL (\%) = \left(\frac{M_{fl} - M_f}{M_a} \right) * 100 - TC \quad (3)$$

Onde:

M_{fl} = massa do funil (g) + lignina após a secagem na estufa (g);

M_f = massa do funil (g);

M_a = massa da amostra (g);

M_{fc} = massa do funil (g) + cinzas após a calcinação em mufla (g);

TC = teor de cinzas (%);

TL = teor de lignina (%).

Para a análise estatística dos experimentos foi utilizado o software Action™, versão 3.1.43, da Estatcamp. Foram determinados pelo programa a estimativa dos efeitos principais e de interação entre as variáveis por meio de Análise de Variância (ANOVA), juntamente com os gráficos dos efeitos e análise de resíduos. O nível de significância utilizado nas análises estatísticas foi de 5% ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos com o experimento, levando em consideração as porcentagens de celulose e lignina nos capins elefante e mombaça em diferentes temperaturas com o pré-tratamento alcalino NaOH.

Tabela 2. Resultados de porcentagem de celulose e lignina obtidos do pré-tratamento alcalino com NaOH do capim-elefante e do mombaça em diferentes temperaturas

	Celulose (%)		Lignina (%)	
	80 (°C)	90 (°C)	80 (°C)	90 (°C)
Capim-elefante	57,21 ^a	58,00 ^a	14,82 ^b	14,05 ^b
Mombaça	48,28 ^b	48,84 ^b	16,31 ^a	16,32 ^a
Média	52,75	53,42	15,56	15,19
F	488,54 ^{**}	1282,2 ^{**}	43,59 ^{**}	93,62 ^{**}

**significativo a 1% de probabilidade. Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Fonte: Autores

Conforme observado na Tabela 2, ao pré-tratar ambos os capins, o melhor resultado apresentado foi quando se utilizou uma temperatura de 90°C, onde a celulose ficou mais exposta ao contato com o meio. Quando comparado o capim-elefante do capim-mombaça na temperatura de 80°C, o melhor resultado foi no capim-elefante com 57,21% de exposição da celulose, o mesmo ocorreu quando a temperatura subiu para 90°C.

O mesmo ocorreu para a lignina, com o capim-elefante se destacando perante o capim-mombaça, pois nesta quantificação o melhor resultado é o menor valor de exposição, tendo em vista que quanto menor a quantidade de lignina na célula, maior a eficiência na produção do etanol de segunda geração (GODINHO et al., 2019).

Michalska e Ledakowicz, (2013) apresentaram resultados superiores para celulose e menores para a lignina pré-tratando o sorgo com NaOH, obtendo até 90% na exposição de celulose na célula e uma deslignificação de 27,50% de lignina, o que corrobora com os resultados encontrados neste trabalho.

Os resultados apresentados na Tabela 2, estão de acordo com os resultados obtidos por Nagula e Pandit (2015), onde os mesmos utilizando o NaOH para o pré-tratamento do Napier, conseguiram resultados próximos aos desta pesquisa com a celulose a 47% e lignina a 15%.

Ressalta-se na Tabela 2, que as médias de teor de celulose e lignina variaram em decorrência do tipo da biomassa e da temperatura utilizada no pré-tratamento, além disso, as médias observadas para a lignina foram mais baixas para o capim-elefante, indicando o efeito dessa variável na remoção da lignina, o que é desejável em termos do pré-tratamento da lignocelulose. Reforçando estes dados nesta pesquisa, Menegol et al. (2016) obtiveram uma redução da lignina na mesma concentração e biomassa para valores de 40 a 47%.

Finalmente, pode-se concluir que os melhores resultados obtidos de celulose foram quando aplicados na biomassa do capim-elefante a 90°C e o mesmo ocorreu para a lignina que obteve menor resultado para a quebra, ou seja, melhor resultado, porque a lignina quanto menor seu valor melhor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração que uma biomassa ideal para a produção de biocombustível é aquela que apresenta maior teor de celulose e menor teor de lignina, com isso o pré-tratamento com NaOH numa temperatura de 90°C respondeu melhor as expectativas em relação a uma temperatura de 80°C.

Além disso, a melhor resposta em biomassa para melhor exposição da celulose e maior deslignificação foi o capim-elefante em relação ao capim-mombaça.

REFÊRENCIAS

BLOIS, H. D. et al. Silvicultura: Cenários Prospectivos para Geração de Energia Elétrica. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 6, n. 1, p. 140–159, 2017.

CARDONA, E. M. et al. Pretratamiento Alcalino de Pasto Elefante (*Pennisetum sp*) y King Grass (*Pennisetum hybridum*) Cultivados en Colombia para la Producción de Bioetanol. *Informacion Tecnológica*, v. 24, n. 5, p. 69–80, 2013.

COUTINHO, E. L. M. et al. Calagem e adubação potássica para o capim-tifton 85. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 3 SUPPL. 1, p. 101–111, 2014.

FERREIRA, M. D. et al. Propriedades Físicas E Mecânicas Da Madeira De Angelim-Pedra Submetida a Tratamento Térmico. *Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração*, v. 16, n. 1, p. 3–7, 2019.

GODINHO, E. Z. et al. Pré-tratamento hidrotérmico alcalino e alcalino-oxidativo sobre os teores de celulose e lignina em biomassa de capim elefante BRS Capiçu. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v. 6, n. 3, p. 51–65, 2019.

HARI KRISHNA, S. et al. Studies on the production and application of cellulase from *Trichoderma reesei* QM-9414. *Bioprocess Engineering*, v. 22, n. 5, p. 467–470, 2000.

HE, Y. et al. Bioresource Technology Significantly improving enzymatic saccharification of high crystallinity index 's corn stover by combining ionic liquid [Bmim] Cl – HCl – water media with dilute NaOH pretreatment. *Bioresource Technology*, v. 189, p. 421–425, 2015.

MAIA E SÁ, J. M. et al. Balanço energético da produção de grãos, carne e biocombustíveis em sistemas especializados e mistos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 10, p. 1323–1331, 2013.

MENEGOL, D. et al. Second-generation ethanol production from elephant grass at high total solids. *Bioresource Technology*, v. 211, p. 280–290, 2016.

MICHALSKA, K.; LEDAKOWICZ, S. Alkali pre-treatment of Sorghum Moench for biogas production. *Chemical Paper*, v. 67, n. 9, p. 1130–1137, 2013.

NAGULA, K. N.; PANDIT, A. B. Process intensification of delignification and enzymatic hydrolysis of delignified cellulosic biomass using various process intensification techniques including cavitation. *Bioresource Technology*, v. 213, p. 162–168, 2015.

NATALE, W. et al. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 6, p. 1475–1485, 2007.

NIKOLIĆ, S. et al. Production of bioethanol from pre-treated cotton fabrics and waste cotton materials. *Carbohydrate Polymers*, v. 164, p. 136–144, 2017.

PHITSUWAN, P.; SAKKA, K.; RATANAKHANOKCHAI, K. Structural changes and enzymatic response of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) stem induced by alkaline pretreatment. *Bioresource Technology*, v. 218, p. 247–256, 2016.

TREVISAN, H.; REZENDE, C. A. Pure, stable and highly antioxidant lignin nanoparticles from elephant grass. *Industrial Crops and Products*, v. 145, n. January, p. 112105, 2020.

TYLER, D. et al. Bioresource Technology Improved pretreatment of lignocellulosic biomass using enzymatically-generated peracetic acid. *Bioresource Technology*, v. 102, n. 8, p. 5183–5192, 2011.

WALSTON, L. J. et al. A preliminary assessment of avian mortality at utility-scale solar energy facilities in the United States. *Renewable Energy*, v. 92, p. 405–414, 2016.

GODINHO, Emmanuel Zullo. Graduado em Engenharia Agrônômica pela Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista - ESAPP. Mestre em Bioenergia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE. Doutorando em Agronomia na Universidade Estadual Paulista - UNESP. Pós graduado pela Fundação Getúlio Vargas FGV-RJ com MBA em Gestão Internacional em Agribusiness. Pós graduado em Docência no Ensino Superior e também em Educação Especial e Inclusiva pela Faculdade Venda Nova do Imigrante - FAVENI. Graduado com Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal Tecnológica do Paraná - UTFPR. Licenciado em Pedagogia pela Faculdade Intervale. Conhecimento dos programas de estatística e modelagem: Statistica, Action, Origin e Maple. Linha de Pesquisa ENERGIAS RENOVÁVEIS e LÓGICA FUZZY. Analista Técnico certificado pela Associação dos Analistas e Profissionais do Mercado de Capitais - APIMEC. Certificado como operador de mesa do mercado financeiro pela BM&FBOVESPA. Certificado com CPA 20 pela Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais - ANBIMA (2013). Certificado pela Associação Nacional das Corretoras e Distribuidoras de Títulos e Valores Mobiliários, Câmbio e Mercadorias - ANCORD (2007) como Agente Autônomo de Investimentos. Possui experiência como docente no ensino fundamental, médio, graduação e pós graduação. emmanuel.godinho@unesp.br

CANEPPELE, Fernando de Lima. Professor Associado na Universidade de São Paulo - USP, possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário da FEI - Faculdade de Engenharia Industrial (1999), mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura pela Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP/FCA (2007), licenciatura para Bacharéis e Tecnólogos e Matemática pelo Centro Universitário Nove de Julho - UNINOVE (2008), doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura pela Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP/FCA (2011), pós-doutorado pela UNESP (2018) e livre-docência pela Universidade de São Paulo (2020) Atua como professor responsável por disciplinas de graduação junto aos cursos de Engenharia de Biosistemas e Engenharia de Alimentos na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - USP/FZEA. Atua como professor responsável por disciplinas junto aos Programas de Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais e Zootecnia na na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - USP/FZEA. Atua como professor responsável por disciplinas e orientador de mestrado e doutorado junto aos Programas de Pós-graduação em Agronomia - Energia na Agricultura, Agronomia - Irrigação e Drenagem e Engenharia Agrícola na Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP/FCA. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica e atua em Eficiência Energética, Fontes Alternativas e Renováveis de Energia, Estudos da Matriz Energética, Geração de Energia e o Meio Ambiente, Automação Industrial, Instalações Elétricas Industriais e Lógica Fuzzy. Coordena o grupo de pesquisa / laboratório AGROENERBIO - Energia e Simulação na Engenharia de Biosistemas e no Agronegócio - USP/FZEA (Pirassununga-SP). Todos os documentos comprobatórios das atividades estão disponíveis para consulta e devem ser solicitados ao docente. caneppele@usp.br

GASPAROTTO, Hélio Vagner. Especialista em Redes de Computadores pela Escola Superior Aberta do Brasil, graduação em Ciências Contábeis pelo Instituto de Ensino Superior de Bauru (2012) e graduação em Tecnologia de Informática - Gestão Financeira pela Faculdade de Tecnologia de Jahu (2005). Atualmente é analista de informática na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, desenvolve suas atividades na Faculdade de Ciências Agrônômicas - Campus de Botucatu. helio.vagner@unesp.br