



Estudo do processo de compostagem por meio do teor de cinzas

Patricia Aparecida Cucchi¹ Jéssica Bassetto Carra² Marciéli Fabris³
Larissa Macedo dos Santos Tonial⁴

07 junho 2017

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de cinzas no monitoramento do processo de compostagem e, ainda, a correlação deste parâmetro com outros obtidos por meio da caracterização espectroscópica da matéria orgânica (MO). Os espectros de absorção de luz na região ultravioleta-visível (UV-vis) foram adquiridos de acordo com Chen et al. (1977) e as medidas de absorbância foram realizadas em duplicata nos comprimentos de onda 465 (E₄) e 665 nm (E₆). A fração ácido húmico (AH) foi caracterizada usando a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), segundo a metodologia proposta por Stevenson (1994), e, posteriormente, foi determinado o índice de aromaticidade (I₁₆₄₀/I₂₉₃₉). Os resultados mostraram diminuição no teor de cinzas com o passar do tempo e que o revolvimento da leira proporcionou a homogeneização do composto. Os índices E₄/E₆ e I₁₆₄₀/I₂₉₃₉ não apresentaram correlação com o teor de cinzas. Deste modo, pode-se concluir que o teor de cinzas, apesar de ser uma análise viável financeiramente, não fornece resultados satisfatórios acerca do processo de compostagem.

Palavras-chave: Fertilidade. Matéria orgânica. Razão C/N. Resíduos orgânicos.

1. INTRODUÇÃO

A compostagem é um processo biológico aeróbio de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos para a produção do composto (BUDZIAK, 2004). Sendo assim, pode ser considerada uma versão acelerada do processo natural de transformação da MO, onde se tem condições favoráveis de temperatura, umidade, pH e aeração, à atividade microbiana (PROVENZANO et al., 2001).

Dentre as vantagens deste processo, destaca-se o fato de ser uma alternativa viável para o reaproveitamento

de resíduos. Assim, contribui positivamente com o meio ambiente, uma vez que promove a reciclagem dos resíduos orgânicos e devolve-os ao solo aumentando sua fertilidade (IGUCHI, 2008).

O acompanhamento do processo de compostagem normalmente é realizado por meio da determinação da razão carbono/nitrogênio (C/N). Segundo Souza e Rezende (2006) esta razão deve ser de aproximadamente 30/1. Se esta for maior, o crescimento microbiológico é reduzido devido à falta de N, ocasionando demora na decomposição. Por

¹ patriciacucchi@hotmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Paraná, Brasil.

² jessicabassettoarra@hotmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Paraná, Brasil.

³ marcieli.fabris@gmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Paraná, Brasil.

⁴ lmacedos@yahoo.com.br, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Paraná, Brasil.



outro lado, se for menor, o excesso de N acelera a decomposição e faz com que haja criação de áreas anaeróbicas, ocasionando odor desagradável no composto.

Outros parâmetros empregados na caracterização do processo de compostagem são: os índices de hidrofobicidade e aromaticidade, obtidos a partir da espectroscopia de FTIR, a razão E_4/E_6 , obtida por meio da espectroscopia de absorção de luz UV-vis, e o grau de maturação, obtido a partir da razão entre a capacidade de troca catiônica (CTC) e o teor de carbono orgânico total (COT) (DORES-SILVA et al., 2013; CASTILHOS et al., 2008). Contudo, estes requerem a aquisição de equipamentos, os quais apresentam, em geral, elevados custos para a compra e manutenção. Deste modo, torna-se necessário encontrar alternativas para o acompanhamento do processo de compostagem. Parâmetros simples, de obtenção e interpretação, e que possam vir a substituir satisfatoriamente os comumente empregados. Dentre estes, destaca-se o teor de cinzas. A variação do teor de cinzas reflete a decomposição e mineralização da MO (WANG et al., 2004; HSU e LO, 1999), e assim pode ser uma alternativa para a avaliação do processo de compostagem.

Com isso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o teor de cinzas para o monitoramento do processo de compostagem e, ainda, a correlação deste parâmetro com outros obtidos por meio da caracterização espectroscópica da MO.

2 METODOLOGIA

2.1 Descrição do experimento, coleta e preparo das amostras

A leira de compostagem, com aproximadamente 1,95 m³, foi montada na área experimental pertencente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco, em setembro de 2015. Foram empregados na montagem do experimento: gramíneas (aparar de grama e resíduos culturais de sorgo, ambos os resíduos adquiridos no próprio local de

experimento) e cama de frango (fertilizante orgânico, doado por uma granja local). O composto foi montado em camadas, numa proporção 3:1 (v/v), com 30% de umidade. Logo após, a leira foi coberta com folhas de bananeira para um melhor controle de umidade. A folha de bananeira foi utilizada para prevenir a diminuição da umidade do composto e, em caso de chuva excessiva, ela evita o aumento demasiado da umidade, evitando o processo de anaerobiose.

Com o objetivo de fornecer O₂ aos microrganismos e monitorar a umidade no interior da leira, esta foi revolvida manualmente, três vezes por semana no primeiro mês e semanalmente, no segundo e terceiro mês.

As amostras de composto foram coletadas 30, 60 e 90 dias após a montagem da leira, em cinco pontos distintos, conforme Figura 1. Após a coleta, as amostras foram liofilizadas e moídas em moinho de facas.

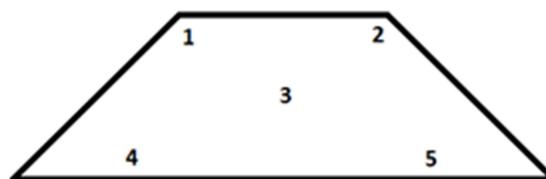


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta das amostras de resíduo orgânico.

2.2 Determinação do teor de cinzas

Para a determinação do teor de cinzas, foram utilizados cadinhos de porcelana previamente calcinados a 600 °C por duas horas, para eliminar os resíduos. Na sequência, aproximadamente 20 mg de amostras foram calcinadas a 600 °C durante duas horas. Por diferença de massa, antes e após a calcinação, determinou-se o teor de cinzas. As medidas foram feitas em uma balança analítica METTLER TOLEDO, modelo AB204-S, precisão 0,0001 g.

Neste processo ocorre a queima da MO e o resíduo que fica no cadinho após a queima, chamado de



cinzas, é o material inorgânico. Para o cálculo, adotou-se a equação 1:

$$\% \text{ de cinzas} = \frac{C_d - C_a}{\text{massa da amostra}} \times 100\% \quad (1)$$

Onde:

$$C_d = \text{massa do cadinho} + \text{cinzas}$$

$$C_a = \text{massa do cadinho sem a amostra}$$

2.3 Fracionamento químico do resíduo orgânico

Para o fracionamento químico, foi preparada uma amostra composta (uma mistura de todos os pontos da leira). A metodologia empregada é baseada na proposta da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996), a qual permite a obtenção das frações ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) e humina.

A fração AH é constituída por compostos orgânicos condensados, produzidos pela ação microbiana e que diferem dos biopolímeros por sua estrutura molecular e elevada persistência no solo (BALDOTTO e BALDOTTO, 2014). Sua caracterização por meio de técnicas espectroscópicas é importante pois permite inferir sobre suas características quantitativas e qualitativas.

2.4 Caracterização espectroscópica da fração AH

As frações AH, referente às amostras coletadas 30, 60 e 90 dias após a instalação da leira, foram caracterizadas por espectroscopia de absorção de luz na região do UV-vis. Os espectros de UV-vis foram adquiridos de acordo com Chen et al. (1977), a partir da diluição de 2 mg de AH em 10 mL de NaHCO₃ 0,05 mol L⁻¹, e pH em torno de 8. As medidas de absorbância foram realizadas em duplicata, nos comprimentos de onda 465 (E₄) e 665 nm (E₆). O equipamento utilizado foi da marca Thermo Scientific modelo Evolution 60S, pertencente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco. Posteriormente, foi determinada a razão E₄/E₆,

conforme equação 2:

$$\text{Razão } \frac{E_4}{E_6} = \frac{\text{absorbância em 465 nm}}{\text{absorbância em 665 nm}} \quad (2)$$

A razão E₄/E₆ apresenta relação indireta com o progresso do processo de humificação, uma vez que um alto valor para esta razão indica a presença de estruturas alifáticas, baixa condensação de carbonos aromáticos e baixo grau de humificação (SENESI et al., 2007).

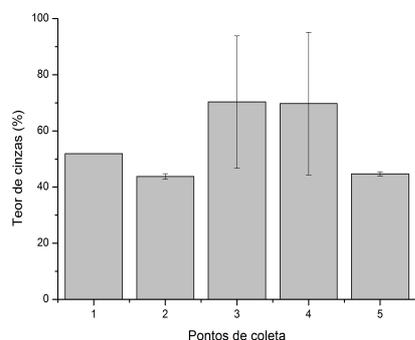
As frações AH também foram caracterizadas pela espectroscopia de FTIR, segundo a metodologia proposta por Stevenson (1994), por meio de pastilhas de KBr e amostra (150 mg de KBr:1,5 mg de composto). Posteriormente, foi determinado o índice de aromaticidade (I₁₆₄₀/I₂₉₂₀) (CHEFETZ et al., 1996), neste trabalho (I₁₆₄₀/I₂₉₃₉). Este índice relaciona a intensidade de absorção em torno de 1640 cm⁻¹, atribuída aos grupos aromáticos, e a intensidade de absorção em 2920 cm⁻¹, que representa os grupos alifáticos (CHEFETZ et al., 1996), conforme equação 3:

$$I_{1640}/I_{2920} = \frac{\text{Intensidade de absorção em } 1640 \text{ cm}^{-1}}{\text{Intensidade de absorção em } 2920 \text{ cm}^{-1}} \quad (3)$$

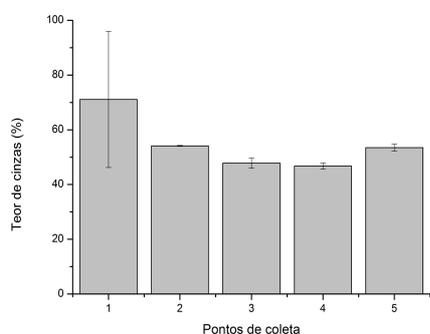
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de cinzas das amostras de resíduo orgânico, coletadas 30, 60 e 90 dias após a montagem da leira, são mostrados na Figura 2.

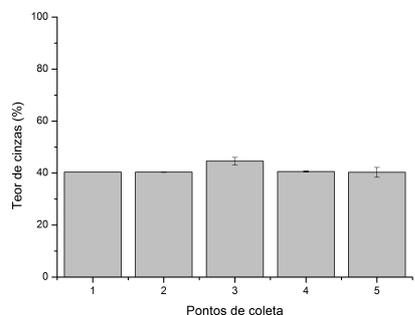
Conforme os resultados, pode-se observar que os teores de cinzas variam em função do ponto de coleta, principalmente na coleta realizada 30 dias após a instalação da leira (Figura 2a). Os coeficientes de variação para 30, 60 e 90 dias (Figura 2a, 2b e 2c) após a instalação da leira foram 36,5; 27,3 e 5,1%, respectivamente. Estes resultados sugerem que, com o passar do processo, ocorreu a homogeneidade do composto em função do tempo e do revolvimento.



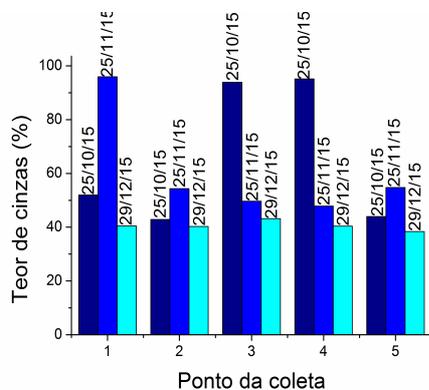
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2 – Teor de cinzas (%) das amostras coletadas nos dias (a) 25/10/2015 (30 dias após a instalação da leira), (b) 25/11/2015 (60 dias após a instalação da leira) e (c) 29/12/2015 (90 dias após a instalação da leira), e (d) comparativo de todas as coletas.

Ao longo do tempo de coleta observou-se diminuição dos teores de cinzas, sendo as médias dos pontos para 30, 60 e 90 dias após a instalação da leira, iguais a 56,1; 54,7 e 41,3%, respectivamente. Este resultado é contrário ao observado por Fialho (2007), que notou um aumento no teor de cinzas em função do tempo em todas as leiras, devido a perda de carbono na forma de CO_2 durante o processo de compostagem, ocorrendo assim concentração do material inorgânico nos compostos. Segundo Kawatoko (2011), a MO é um parâmetro inversamente proporcional ao parâmetro resíduo mineral, assim, quanto maior a porcentagem de MO, menor a de cinzas e vice-versa. Os valores da razão E_4/E_6 e do índice I_{1640}/I_{2939} são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores da razão E_4/E_6 e I_{1640}/I_{2939} para as amostras de AH referentes às coletas realizadas 30, 60 e 90 dias após a instalação da leira de compostagem

Amostra	Coleta	E_4/E_6	I_{1640}/I_{2939}
AH1	30 dias após a instalação da leira	$0,47 \pm 0,06$	$1,51 \pm 0,06$
AH2	60 dias após a instalação da leira	$1,5 \pm 0,1$	$1,78 \pm 0,3$
AH3	90 dias após a instalação da leira	$1,0 \pm 0,2$	$1,49 \pm 0,06$

Segundo Kononova apud Fontana (2006), valores de E_4/E_6 menores que 5,0 são geralmente encontrados para os AH. Deste modo, os resultados obtidos encontram-se de acordo com Kononova et al. (1982). No entanto, os resultados da razão E_4/E_6 não mostram uma variação gradual ao longo do tempo de compostagem (Tabela 1).

O decréscimo da razão E_4/E_6 está diretamente relacionado com o aumento do peso molecular e a condensação dos carbonos aromáticos (STEVENSON, 1994). Assim, tem-se que esta razão, para os AH extraídos de solo, é inversamente proporcional ao grau de condensação das estruturas aromáticas. Contudo para AH extraídos de compostos, tem sido observado comportamento oposto para a razão E_4/E_6 (FIALHO, 2007). Desta forma, segundo o que tem sido observado para AH extraído de composto, a amostra que apresentou maior aromaticidade é a referente ao tempo intermediário de compostagem (Tabela 1).

No entanto, também há registros na literatura de



diminuição da razão E_4/E_6 ao longo do tempo de compostagem (BUDZIAK et al., 2004). No trabalho citado, os autores afirmam que a diminuição da razão E_4/E_6 com o tempo de compostagem indica o aumento do número de cadeias orgânicas, com ligações simples e duplas conjugadas.

Nota-se, portanto, que esta técnica apresenta limitações e que seu emprego na caracterização de AH de compostos deve ser utilizada com cautela. Estes cuidados devem-se ao fato de a espectroscopia de absorção de luz UV-vis possuir baixos limites de detecção e ser restrita a um número limitado de grupos funcionais (chamados cromóforos) (PRIMO et al., 2011; FORGERINI, 2012).

A variação decrescente do teor de cinzas em função do processo de compostagem não corrobora com a variação observada para a razão E_4/E_6 (Tabela 1). Resultado similar também é observado quando é comparada a variação do teor de cinzas e o índice de aromaticidade (I_{1640}/I_{2939}) obtido por meio da FTIR (Tabela 1).

Por outro lado, a comparação entre a razão E_4/E_6 e o índice I_{1640}/I_{2939} mostrou que os mesmos estão de acordo, uma vez que o AH com maior aromaticidade foi o extraído do composto coletado 60 dias após a instalação da leira (Tabela 1).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que o revolvimento da leira é importante para garantir a homogeneização do processo, uma vez que, com o passar do tempo, houve a diminuição do coeficiente de variação do teor de cinzas entre os pontos de coleta

Ao contrário dos resultados encontrados na literatura, que mostram um aumento do teor de cinzas com o processo de compostagem, em função da simultânea humificação e mineralização dos restos orgânicos, todos os pontos amostrados no presente trabalho sofreram diminuição deste teor ao longo da compostagem.

Em contrapartida, tanto a razão E_4/E_6 , quanto o índice I_{1640}/I_{2939} , não mostram uma variação gradual em função do processo de compostagem. Portanto, os resultados obtidos por meio destas técnicas espectroscópicas não corroboraram com os obtidos a partir do teor de cinzas.

Apesar da análise de determinação do teor de cinzas não ter sido tão eficiente como o esperado, sua aplicação em estudos de monitoramento do processo de compostagem deve continuar sendo avaliada, uma vez que se trata de uma metodologia acessível economicamente.

AGRADECIMENTOS

À UTFPR campus Pato Branco, CNPq e Fundação Araucária. Ao professor Thiago de O. Vargas e ao acadêmico Tiago R. Tochetto, pela montagem do experimento e coleta das amostras.

REFERÊNCIAS

BALDOTTO, Marihus Altoé; BALDOTTO, Lílian Estrela Borges. Ácidos húmicos. *Revista Ceres*, v. 61, p. 856-881, nov/dez, 2014.

BUDZIAK, Cristiane Regina; MAIA, Claudia Maria Branco de Freitas; MANGRICH, Antonio Salvio. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da Indústria madeireira. *Química Nova*, v. 27, n. 3, p. 399-403, 2004.

CASTILHOS, Rosa Maria Vargas; DICK, Deborah Pinheiro; CASTILHOS, Danilo Dufech; MORSELLI, Tânia Beatriz Araújo Gamboa; COSTA, Paula Fernanda Pinto da; CASAGRANDE, Wagner Bertuol; ROSA, Carla Machado da. Distribuição e caracterização de substâncias húmicas em vermicompostos de origem animal e vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 2669-2675, 2008.



- CHEN Y, SENESI N AND SCHNITZER M. Information provided on humic substances by E_4/E_6 ratios. *Soil Science Society of America Journal*, v. 41, p. 352-358, 1977.
- CHEFETZ, Benny; HATCHER, Patrick; HADAR, Yitzhak; CHEN, Yona. Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. *Journal of Environmental Quality*, v. 25, p. 776-785, 1996.
- DORES-SILVA, Paulo Roberto; LANDGRAF, Maria Diva; REZENDE, Maria Olímpia de Oliveira. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. *Química Nova*, v. 36, n. 5, p. 640-645, 2013.
- FIALHO, Lucimar Lopes. Caracterização da matéria orgânica em processos de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos. 2007. 170 f. Tese – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- FONTANA, Ademir. Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica em solos do Brasil. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.
- FORGERINI, Daniely. Obtenção e caracterização de biofertilizantes a partir de técnicas de compostagem sólida. Universidade Estadual de São Paulo, 2012.
- HSU, Jenn-Hung; LO, Shang-Lien. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of pig manure. *Environmental Pollution*, v. 104, p. 189-196, 1999.
- IGUCHI, Carolina Yuric. Considerações gerais sobre a aplicação de esterco no processo de compostagem dos resíduos de poda e capina. 2008. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.
- KAWATOKO, Ivie Emi Sakuma; RIZK, Maria Cristina. Propostas de tratamento para o lodo de reciclagem de papel em uma indústria de pequeno porte. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 8, n. 1, p. 52-68, 2011.
- KONONOVA, Maiia Markovna. Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona: Oikos-tau, p. 364, 1982.
- PRIMO, Dário Costa; MENEZES, Rômulo Cezar; SILVA, Tácio Oliveira. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. *Scientia Plena*. Vol. 7, Num. 5, 2011.
- PROVENZANO, Maria Rosaria; OLIVEIRA, Sandra Cristina de; SILVA, Mary Rosa Santiago; SENESI, Nicola. Assessment of maturity degree of composts from domestic solid wastes by fluorescence and Fourier transform infrared spectroscopies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, p. 5874-5879, 2001.
- SENESE, N; PLAZA, C; BRUNETTI, G; POLO, A. A comparative survey of recent results on humic-like fractions in organic amendments and effects on native soil humic substances. *Soil Biology and Biochemistry*, v.39, p. 1244-1262, 2007.
- SOUZA, Jacimar Luiz de; REZENDE, Patricia. Manual de Horticultura Orgânica. 2ª ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006.
- STEVENSON, Frank. Humus Chemistry: genesis, composition, reactions, John Wiley, 1994.
- SWIFT, Roger S. Organic matter characterization. In: SPARKS, Donald L.; PAGE, A.L.; HELMKE, Philip A.; LOEPPERT, Richard H.; SOLTANPOUR, Parviz Neil; TABATABAI, M. Ali; JOHNSTON, Clifford T.; SUMNER, Martina E. (Eds.) *Methods of soil analysis: chemical methods*. Madison: Soil Science Society of America, v.3, p. 1011-1020, 1996.
- WANG, Ping; CHANGA, C. M.; WATSON, Maurice E. DICK, Warren A.; CHEN, Ying; HOITINK, Harry A. J. Maturity indices for composted dairy and pig manures. *Soil Biology e Biochemistry*, v. 36, p. 767-776, 2004.



Study of composting process by ash content

Patricia Aparecida Cucchi⁵ Jéssica Bassetto Carra⁶ Marciéli Fabris⁷
Larissa Macedo dos Santos Tonial⁸

07 junho 2017

Abstract – The objective of this study was to evaluate the ash content for the monitoring of the composting process and, also, the correlation of this parameter with other obtained by organic matter (OM) spectroscopic characterization. The absorption spectra in the ultraviolet-visible (UV-vis) region were acquired according to Chen et al. (1977) and the absorption measurements were made in duplicate at the wavelengths 465 (E₄) and 665 nm (E₆). The humic acid (HA) fraction was characterized by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, according to the methodology proposed by Stevenson (1994), and, then, the aromaticity index (I₁₆₄₀ / I₂₉₃₉) was determined. Results showed a decrease in ash content over time and that the stirring of the pile provided the homogenization of the compound. The E₄/E₆ and I₁₆₄₀/I₂₉₃₉ indexes showed no correlation with the ash content. Thus, it can be concluded that the ash content, despite being a financially viable analysis, does not provide satisfactory results about the composting process.

Keywords: C/N ratio. Fertility. Organic/matter. Organic waste.

Correspondência:

Patricia Aparecida Cucchi

Via do Conhecimento, Km 1, Bairro Fraron, 85503-390, Pato Branco, Paraná, Brasil.

Recebido: 30/10/2016

Aprovado: 07/06/2017

Como citar: CUCCHI, Patricia Aparecida, et al. Estudo do processo de compostagem por meio do teor de cinzas. **Syn. scy. UTFPR**, Pato Branco, v. 12, n. 1, p. 52–58. 2017. ISSN 2316-4689 (Eletrônico). Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/synscy>>. Acesso em: DD mmm. AAAA.

DOI: "registro apenas quando a revista for depositada no portal do PERI"



Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença **Creative Commons** Atribuição 4.0 Internacional.

⁵ patriciacucchi@hotmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Paraná, Brasil.

⁶ jessicabassettoarra@hotmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Paraná, Brasil.

⁷ marcieli.fabris@gmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Paraná, Brasil.

⁸ lmacedos@yahoo.com.br, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Paraná, Brasil.