

Sobre dispersões de *moringa oleifera* para tratamento de água

Resumo

A *Moringa oleifera* é uma espécie vegetal de múltiplos usos com crescente investigação de seus potenciais. Realizou-se estudo de caracterização das sementes de *Moringa* empregada na preparação de dispersões para tratamento de águas. O peso médio das sementes foi de 265,7 mg e a casca representou cerca de 8,2% da massa total. Aproximadamente 96% da massa das sementes eram constituídas de material volátil, constituindo, portanto, elevado conteúdo orgânico. As gorduras representam 41,02% e as proteínas 35,35%. As dispersões contendo casca de semente foram menos homogêneas que as sem casca. A remoção do conteúdo oléico das sementes de *Moringa* pode contribuir maior remoção de turbidez. Um estudo granulométrico das dispersões preparadas com sementes de *Moringa* sem casca mostrou que o diâmetro das partículas com massa sem óleo foi menor, resultando em maior superfície específica. Em razão disto a dispersão apresentou menores valores de cor aparente e turbidez.

Palavras-chave: *Coagulante natural. Dispersão química. Moringa oleifera.*

Abstract

The *Moringa oleifera* is a multiple purpose tree with an increasing investigation of its potentials. The present paper investigated the characteristics of *Moringa* seeds used in the preparation of dispersions for water treatment. The mean weight of the seeds was 265.7 mg and the tegument represented about 8.2% of the total mass of the seed. Approximately 96% of the seeds were comprised by volatile material, constituting, therefore, high organic content. Fats represented 41.02% and proteins 35.35%. Dispersions prepared with seeds with peel were less homogeneous than those without. The removal of the oleic content of the *Moringa* seeds may contribute to higher turbidity removal. According to the results on particle size distribution the dispersions in which the oleic content of seeds was removed had larger specific surface of the particle. Because of that, this type of dispersion presented smaller residual values of apparent color and turbidity.

Keywords: *Natural coagulant. Chemical dispersion. Moringa oleifera.*

Fernando José Araújo da Silva
fjas@unifor.br

José Everardo Xavier de Matos
jexmatos@unifor.br

1 Introdução

A *Moringa* é uma árvore de porte médio, originária do noroeste indiano, mas também encontrada na porção nordeste da África. São conhecidas pelo menos 13 variedades, com destaque maior para a *Moringa oleifera*. No Brasil é conhecida como quiabo-de-quina e lírio branco, na Índia, como *Sajina* e *Shekta*, e nos Estados Unidos como *Horse-radish-tree* (GERDES, 1997). Trata-se de uma planta de crescimento rápido, caducifolia, com casca de cor clara, atingindo até 10 metros de altura.

A propagação da *Moringa* é feita por meio de sementes, mudas ou estacas. A planta suporta longos períodos de estio, solos pobres e cresce bem em condições semi-áridas. A espécie é forte, desenvolve rapidamente e não requer tratamentos especiais. A faixa de pH de solo para crescimento da *Moringa* é extensa (5 a 9) e há relatos de cultivo em altitudes de até 2000 m. A planta pode alcançar até 4 m de altura em um ano, sendo cultivada em espaçamento de 3 m. Quando adulta alcança uma produção anual de 3 a 5 toneladas de sementes por hectare (MORTON, 1991).

A árvore tem diferentes subprodutos (vagens, folhas, flores e sementes), que podem ser empregados em nutrição (humana e animal), agricultura, indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia, e até mesmo como lubrificante e biocombustível (LILLIEHÖÖK, 2005). Um dos usos principais é aproveitar vagem e folhas como alimento. A Tabela 1 mostra as características gerais dos subprodutos da *Moringa* empregados na alimentação.

A semente madura de *Moringa oleifera* contém cerca de 40% óleo. O óleo de *Moringa* é de excelente qualidade, contém cerca de 73% de ácido oléico, com características semelhantes às do azeite de oliva para fins de cocção. O óleo de *Moringa* tem uso crescente na indústria cosmética e farmacêutica.

Tabela 1: Características gerais de subprodutos da Moringa empregados na alimentação.

Conteúdo	Vagem	Folhas	Pó das folhas
Umidade (%)	86,9	75,0	7,5
Calorias/100 g	26	92	205
Proteína (g/100 g)	2,5	6,7	27,1
Gordura (g/100 g)	0,1	1,7	2,3
Carboidrato (g/100 g)	3,7	13,4	38,2
Fibra (g/100 g)	4,8	0,9	19,2
Mineral (g/100 g)	2,0	2,3	27,1

Fonte: PRICE (2000).

Na tecnologia ambiental as sementes de *Moringa oleifera* têm sido empregadas no tratamento de águas brutas (SUTHERLAND, FOLKARD e GRANT, 1990) e de efluentes (DA SILVA et al., 2001). O tratamento enseja principalmente a remoção de cor e turbidez e age no processo de coagulação-floculação-sedimentação em substituição aos sais metálicos (cloreto férrico, sulfato de alumínio e PCA) usualmente empregados.

Muyibi e Evison (1995) observaram que a turbidez residual nas amostras tratadas aumenta à medida que a turbidez inicial diminui. Isto sugere limitação da ação do agente coagulante da Moringa, principalmente em águas com baixa turbidez, assim como a necessidade de se determinar uma dosagem ótima. Por outro lado, Okuda et al. (2001) destacam que a atividade coagulante da Moringa é mais apropriada às águas contendo elevada turbidez.

Melhorar a eficiência de coagulação através do aperfeiçoamento dos métodos de extração dos agentes coagulantes contido nas sementes de Moringa foi propósito do trabalho de Ndacigengesere et al. (1995). Os autores sugeriram que os componentes de coagulação ativos nas sementes eram estruturas protéicas catiônicas solúveis, com peso molecular em torno de 13 kDa e pH isoelétrico entre 10 e 11. Destacaram ainda que uma maior solubilidade de coagulantes seria alcançada através de elevação na salinidade durante o processo de extração.

Em outro estudo Gueyrard et al. (2000) observaram que há mais evidência de que o responsável pela ação coagulante da Moringa seja um composto amídico. As sementes de Moringa contêm entre 8 e 10% de glucosinolatos, que são uma classe homogênea de combinações de tiosacarídeos naturais. Estes podem ser hidrolisados através da mirosinase (glucohidrolase de tioglucosida) e produzir D-glicose, particularmente isotiocianatos. A Figura 1 mostra a estrutura do glucosinolato.

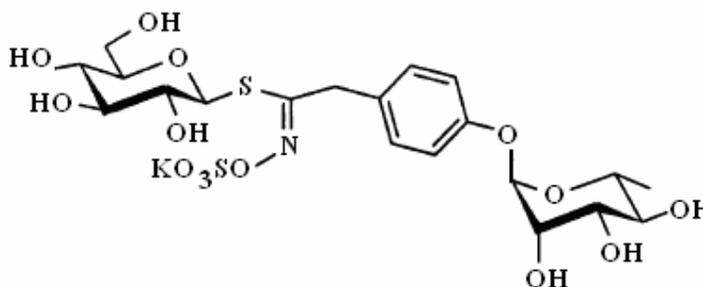


Figura 1: Estrutura de glucosinolato presente na semente de Moringa.

Fonte: GUEYRARD et al. (2000).

Apesar do enfoque e discussão de hipóteses científicas acima descritas, o emprego da Moringa na tecnologia de tratamento de água permanece caracterizado pela rusticidade. Por exemplo, nas áreas rurais do Sudão, nordeste da África, a água armazenada em recipientes de barro recebe sementes pulverizadas, contidas em um pequeno saco de pano fixado por um fio (GERDES, 1997). Compostos coagulantes solúveis são liberados pela agitação manual e estes se ligam às partículas suspensas, que formam sólidos maiores, aglomerados que sedimentam mais rapidamente.

Price (2000) sugeriu o fluxo descrito na Figura 2 como referência de preparação de solução de Moringa para tratamento de água. Trata-se na verdade de uma dispersão, pois não há solubilização completa do pó da semente em meio aquoso. A dosagem deve ser expressa em volume de dispersão aplicado por volume de água tratado. Somente a análise gravimétrica poderia definir a real concentração da dispersão. A despeito de haver alguma imprecisão no doseamento da água a ser tratada, a Tabela 2 aponta valores de orientação em função da turbidez da água a ser tratada.

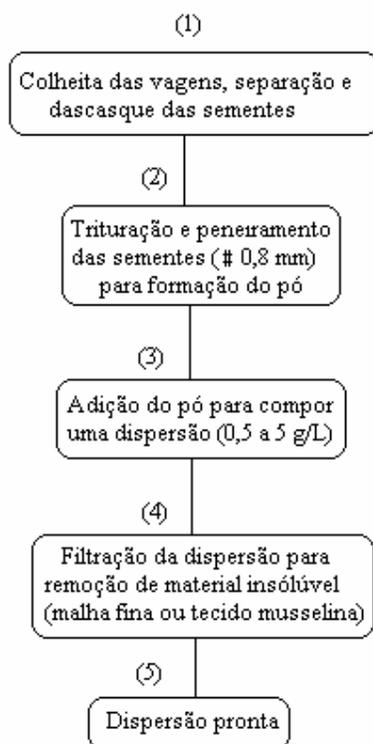


Figura 2: Fluxo seqüencial de preparação de dispersões de *Moringa* para o tratamento de águas.

Fonte: PRICE (2000).

Tabela 2: Valores de orientação da dosagem de *Moringa* em função da turbidez da água.

<i>Turbidez da água (UNT)</i>	<i>Dosagem (mg/L)</i>
< 50	10 – 50
50 – 150	30 – 100
>150	50 – 200

Fonte: PRICE (2000).

Um grande desafio a ser considerado na aplicação da *Moringa* para tratamento de águas, como biopolímero natural, consiste em estabelecer padrões de forma de aplicação. Conforme já declarado, a prática mais difundida é o emprego de dispersões contendo sementes de *Moringa*, moidas e pulverizadas. É preciso, porém, tratar o assunto de maneira técnica. O presente estudo trata de uma caracterização destas dispersões.

2 Metodologia

Foram selecionadas sementes de *Moringa oleifera* coletadas de árvores existentes no município de Fortaleza (3° 31' 23" de latitude sul e 38° 31' 23" de longitude oeste, cerca de 26 m a.n.m), Nordeste do Brasil. Na seleção das sementes considerou-se a uniformidade de tamanho e cor.

Em laboratório, parte dos grãos secos ao ar foi separada em dois grupos. Um grupo com 193 sementes teve sua casca (tegumento) retirada manualmente. No outro, constituído de 219 sementes, o tegumento foi mantido. Em seguida todas as sementes, dos dois grupos, foram pesadas individualmente.

Dentre os cotilédones sem casca, 20 destes, com aspecto bastante homogêneo, foram separados para análise de composição bromatológica simples através dos seguintes parâmetros: umidade, conteúdo de proteína bruta, gorduras e resíduo calcinado a 550° C.

Em etapa posterior duas amostras de 150 gramas de sementes com casca e sem casca, cada uma, foram trituradas e passadas na peneira # 32 (500 µm). Uma parte do passante destas amostras sofreu extração de conteúdo oléico com n-Hexano. Ao final foram obtidas massas trituradas e peneiradas conforme:

1. Massa sem casca e com óleo;
2. Massa com casca e com óleo;
3. Massa sem casca e sem óleo;
4. Massa com casca e sem óleo.

Com cerca de 20 gramas, cada uma destas massas serviu para preparação de dispersões correspondentes. As dispersões foram ainda submetidas à análise de cor aparente e turbidez, com amostra homogeneizada, e após intervalos de 20 (T 20) e 40 (T 40) minutos em repouso. Por se tratar de um estudo de caracterização a metodologia analítica foi adaptada, seguindo, porém, as recomendações de APHA (1992).

Por fim, as dispersões sem casca (sem óleo e com óleo) foram analisadas quanto à distribuição granulométrica. O estudo utilizou um analisador ultrasônico líquido modelo CILAS 920, com emprego de solução de etanol.

3 Resultados e discussão

A Tabela 3 mostra a massa média das sementes analisadas. A casca das sementes representou cerca de 8,2% da massa total. Já na Tabela 4 é apresentada a composição bromatológica das sementes descascadas. Cerca de 96% da massa das sementes era constituída de material volátil, que representa o conteúdo orgânico aproximado. As gorduras foram elevadas, justificando a denominação “oleífera”, que caracteriza o conteúdo de oléico desta semente.

Tabela 3: “Peso” médio das sementes de *Moringa oleifera*.

<i>Parâmetro estatístico</i>	<i>Massa da semente sem casca (mg)</i>	<i>Massa da semente com casca (mg)</i>	<i>Massa da casca (mg)</i>
Média	265,7	289,6	23,9
σ	26,3	41,4	15,1

Tabela 4: Composição (%) das sementes de *Moringa oleifera* sem casca.

<i>Parâmetro estatístico</i>	<i>Umidade</i>	<i>Proteína</i>	<i>Gorduras</i>	<i>Resíduo calcinado a 550° C</i>
Média	10,27	35,35	41,02	4,00
σ	0,017	0,15	0,39	0,20

Apesar das concentrações das dispersões serem as mesmas (20 g/L), as com casca (D2 e D4) apresentaram diferenças mais notáveis entre si quanto à cor e turbidez, conforme mostrado na Tabela 5. Conversivamente, as dispersões preparadas com massa de semente sem casca (D1 e D3) foram mais homogêneas. Entre estas, observou-se que o conteúdo oléico pode ter contribuído para maior cor e turbidez residuais comparadas às dispersões D3 e D4, principalmente após repouso de 40 minutos. Na Tabela 6 são mostradas as contribuições de cor aparente e turbidez por unidade de massa empregada na preparação das dispersões. O que foi afirmado anteriormente está ratificado nesta tabela.

É interessante observar que a dispersão D4, preparada com massa de sementes de *Moringa* com casca e sem óleo, apresentou maior redução após repouso. Isto sugere um maior potencial de aplicação para redução destes parâmetros em águas brutas e efluentes. Quanto às dispersões D1 e D3, a última obteve melhor resultado. Entende-se, mais uma vez, que a extração do conteúdo oléico permite uma melhor sedimentação de sólidos após coagulação-floculação.

Tabela 5: Cor aparente e turbidez de dispersões preparadas com sementes de *Moringa*.

<i>Dispersão</i>	<i>Cor (UH)</i>			<i>Turbidez (UT)</i>		
	T 0	T 20	T 40	T 0	T 20	T 40
D1	7.993,0	1.124,5	717,8	1.371,6	165,1	117,6
D2	5.029,6	1.252,9	654,8	897,8	198,0	98,1
D3	6.560,7	1.245,5	657,3	856,1	190,5	97,0
D4	13.907,5	667,6	346,2	1.086,4	99,3	54,0

Tabela 6: Taxas unitárias de cor aparente e turbidez por massa de semente de *Moringa* empregada na preparação das dispersões.

<i>Dispersão</i>	<i>UH/g</i>			<i>UT/g</i>		
	T 0	T 20	T 40	T 0	T 20	T 40
D1	399,2	56,2	35,8	68,5	8,2	5,9
D2	250,3	62,4	32,6	44,7	9,8	4,9
D3	326,0	61,9	32,7	42,5	9,5	4,8
D4	694,6	33,3	17,3	54,3	5,0	2,7

Como a maior parte dos fenômenos ambientais é inicialmente considerado em cinética de 1ª ordem (MASTERS, 1991), a redução da cor ou turbidez é representada pela Equação 1, cuja solução geral (Equação 2) permite calcular as constantes de redução (k) mostradas na Figura 3.

$$\frac{dC}{dt} = -k \cdot C \quad (1)$$

$$C = C_0 \cdot e^{-k \cdot t} \quad (2)$$

Em que:

C é a cor ou turbidez final;

C₀ é a cor ou turbidez inicial;

t é o intervalo de tempo entre C₀ e C;

k é a constante de transformação de 1ª ordem (1/tempo).

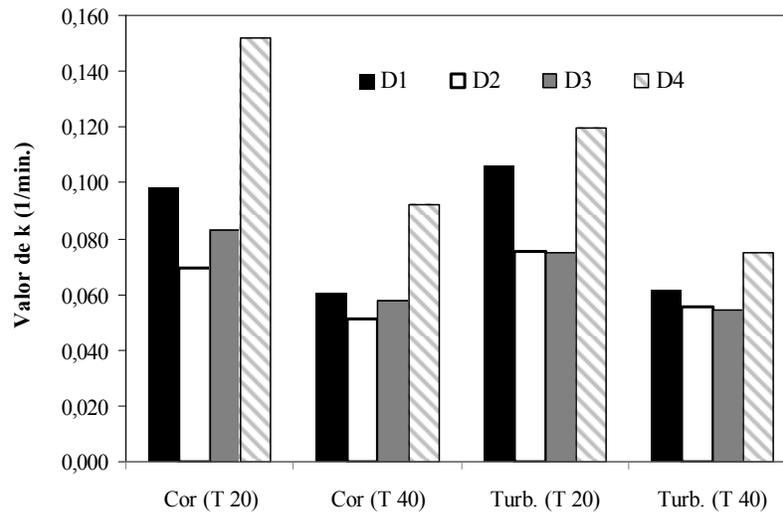


Figura 3: Valor das constantes de transformação (decaimento) de cor e turbidez nas dispersões de Moringa.

A figura acima mostra que, para intervalos de 20 minutos (T 20), o valor de k foi maior do que para T 40. A redução média de k de T 20 para T 40 foi de 35%. Isto ratifica o que fora observado por Muyibi e Evison (1995) acerca da ação da Moringa e da turbidez residual, e já relatado no início deste trabalho. É fortalecida então a idéia de que a aplicação da Moringa seja mais apropriada a efluentes que apresentam maior turbidez, (e.g. DA SILVA, SOUZA & MAGALHÃES, 2003; SILVA, AQUINO & SANTOS, 2007).

A diminuição da taxa de redução de cor e turbidez, em função de pequenos incrementos intervalares, indica a relevância do fenômeno de sedimentação no processo de tratamento. Quando os valores de k foram agrupados, independente do tipo massa de Moringa utilizada e do intervalo de tempo, observou-se correlação entre as constantes (Figura 4).

A Tabela 7 mostra os resultados da granulometria das dispersões preparadas com sementes de Moringa sem casca. A dispersão D3 apresentou maior superfície específica, o que pode corroborar para explicar menores valores residuais de cor aparente e turbidez. É possível que a extração de óleo tenha interferido na distribuição granulométrica. Porém, a diferença de diâmetro (\emptyset), em relação à dispersão com óleo, foi de apenas 8%, em média.

Tabela 7: Composição granulométrica das dispersões D1 e D3.

Parâmetro granulométrico	Dispersão D3 (sem óleo)	Dispersão D1 (com óleo)
\emptyset médio (μm)	36,2	38,7
\emptyset a 10%	5,9	6,7
\emptyset a 50%	27,4	30,2
\emptyset a 90 %	80,4	84,6
Superfície específica média (cm^2/g)	7.478	6.955

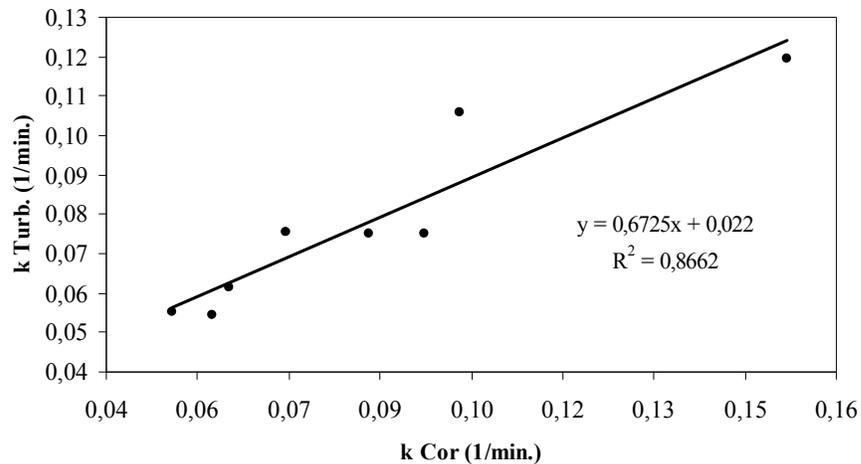


Figura 4: Correlação entre as constantes de transformação (decaimento) de cor e turbidez nas dispersões de Moringa.

4 Conclusão

A presente investigação mostrou que a casca das sementes representou cerca de 8,2% da massa total. O peso médio das sementes foi de 265,7 mg. Cerca de 96% da massa das sementes compreendia material volátil, constituindo, portanto, elevado conteúdo orgânico. As gorduras representaram 41,02% e as proteínas 35,35%.

As dispersões contendo casca foram menos homogêneas que as sem casca. Paralelo a isto, há a sugestão de que a remoção do conteúdo oleico pode contribuir para melhor sedimentação, indicada por uma maior remoção de turbidez (i.e. menor turbidez residual na dispersão).

O estudo granulométrico das dispersões preparadas com sementes de Moringa sem casca mostrou que o diâmetro das partículas compondo massa sem óleo foi um pouco menor, resultando em maior superfície específica. Em razão disto a dispersão apresentou menores valores residuais de cor aparente e turbidez.

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18th ed. Washington, DC, 1992.

DA SILVA, F. J. A.; SOUZA, L. M. M.; MAGALHÃES, S. L. Uso potencial de biopolímeros de origem vegetal na descolorização de efluente têxtil índigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville. *Anais...* Joinville: ABES, 2003. CD-ROM.

DA SILVA, F. J. A. et al. Descolorização de efluentes de indústria têxtil utilizando coagulantes naturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2001, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABES, 2001. CD-ROM.

GERDES, G. *Como limpar e tratar água suja com sementes de moringa*. Fortaleza: Esplar - Centro de Pesquisa e Assessoria 1997. 23 p.

GUEYRARD, D. et al. First synthesis of an *O*-glycosylated glucosinolate isolated from *Moringa oleifera*. *Tetrahedron Letters*, London, v. 41, n. 43, p. 8307–8309, Oct. 2000.

LILLIEHÖÖK, H. Use of *Sand Filtration of River Water Flocculated with Moringa oleifera*. Master's Thesis. 27 p. Department of Civil and Environmental Engineering, Division of Sanitary Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, 2005.

MASTERS, G. M. *Introduction to environmental engineering and sciences*. New Jersey: Prentice-Hall, 1991. 460 p.

MORTON, J. F. The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae): a boon to arid lands? *Economic Botany*, Ypsilanti, v. 45, n. 3, p. 318-333, July/Sept. 1991.

MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with moringa oleifera seeds. *Water Research*, Amsterdam, v. 29, n. 4, p. 2689- 2695, Apr. 1995.

OKUDA, T. et al. Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Water Research*, Amsterdam, vol. 35, n. 2, p. 405-410, Feb. 2001.

PRICE, M. L. *The moringa tree*. Myers, FL: ECHO, 2000. 12 p. ECHO technical note.

SILVA, M. E. R.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. Pós-tratamemnto de efluente provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não naturais. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 178-190, dez. 2007.

SUTHERLAND, J. P., FOLKARD, G. K.; GRANT, W. D. Natural coagulants for appropriate water treatment: a novel approach. *Waterlines*, Santa Fé, NM, v. 8, n. 4, p. 30-32, Apr. 1990.

Sobre os autores

Fernando José Araújo da Silva

Engenheiro Civil, Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Mestre em Engenharia, área de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba – UFPb. Professor Adjunto do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza. Doutorando do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará – UFC.

José Everardo Xavier de Matos

Engenheiro Químico. Mestre e Doutor pela Universidade de São Paulo – USP. Prof. Titular do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Coordenador do Núcleo de Pesquisas Tecnológicas – NPT da UNIFOR.