

---

# PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL COMPOSTO POR BIOCHAR, TORTA INDUSTRIAL E NPK MINERAL

JOÃO R. C. SOLETTI \*, SANDRA H. V. CARVALHO, MOZART D. BISPO, JOÃO I. SOLETTI, JOSEALDO TONHOLO

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Engenharia Química  
\*e-mail: jrsoletti1963@gmail.com

**RESUMO** - Neste trabalho foi avaliada a eficiência de fertilizantes organominerais granulados (em *pellets*), enriquecidos com fertilizante químico (NPK). O componente orgânico do fertilizante foi obtido através da decomposição térmica de resíduos de eucalipto obtido por pirólise. O estudo visou identificar o maior rendimento do processo pirolítico, além de suas características físico-química do *biochar* produzido. Os *pellets* foram produzidos utilizando fertilizantes NPK, torta de usina e o *biochar* produzido a partir do caule do eucalipto. Foram utilizados os seguintes percentuais mássicos: fertilizante NPK (10 e 30); torta (33 e 45); e, *biochar* (33 e 47). A eficiência do fertilizante organomineral em *pellets* foi verificada através do plantio utilizando sementes de rúcula. Após 45 dias da germinação da semente, as plantas foram colhidas, secas e tiveram sua massa medida. Foi assumido como parâmetro de eficiência do fertilizante organomineral a obtenção da maior massa seca da parte aérea da planta (caule e folhas). Para a faixa estudada, foi observado uma forte influência do fertilizante químico NPK na formação da folha e no caule da planta sendo ideal em quantidades mais elevadas. Para torta e *biochar* essa influência foi menor e demonstrou maior eficiência em seus pontos médios e baixos respectivamente.

## INTRODUÇÃO

O setor do agronegócio tem significativa importância para a economia brasileira. Isto se deve pela geração de empregos e saldos comerciais positivos com o resto do mundo, além da contribuição para o desenvolvimento econômico do país. Neste setor, os fertilizantes são essenciais, sendo o Brasil o quarto maior consumidor de nutrientes vegetais do mundo. O uso de fertilizantes no Brasil, entre 2000 e 2015, cresceu 87%, sendo essencial para o aumento da produção de grãos, que cresceu 150% (IBGE, 2016). No entanto, a produção nacional de fertilizantes é historicamente inferior à demanda nacional e não tem apresentado crescimento similar à demanda. Assim, a dependência em relação às importações vem aumentando a cada ano, sendo que em 2015, aproximadamente 65% do consumo total de fertilizantes foi suprido por importações

(IBGE, 2016). Neste contexto, o segmento de fertilizantes orgânicos e organominerais surge como uma excelente alternativa para a correção do solo brasileiro e diminuição da dependência em relação a importação (GALVÃO J. R., 2020).

De acordo com a legislação brasileira, os fertilizantes organominerais são produtos que combinam um componente mineral com um componente de material orgânico (BRASIL, 1996). Para obter a classificação como organominerais, os fertilizantes precisam apresentar concentrações mínimas de nutrientes (primários, secundários ou micronutrientes) e carbono orgânico (BRASIL, 1996). Associando componentes orgânicos às fórmulas inorgânicas obtém-se os fertilizantes organominerais. Tais fertilizantes utilizam-se da lignocelulose, provenientes de matérias que poderiam se tornar poluentes. Os fertilizantes organominerais aumentam a eficiência dos fertilizantes minerais, proporcionando redução

de gastos com adubações, promovendo a melhoria na qualidade do solo, maior rendimento e melhor qualidade da cultura (TRAZZI, 2020).

A aplicação de fertilizantes organominerais (FOM), promove uma maior eficiência quando comparados com fertilizantes orgânicos e inorgânicos exclusivos. Isso é justificado pelo fato que a ausência de alguns nutrientes, essenciais para as plantas, pode ser suprida pelo uso combinado com outro tipo de fertilizante, o qual pode suprir nutrientes ausentes em suas formulações.

Quando comparado às fontes minerais, ou compostos orgânicos, o fertilizante organomineral aumenta a disponibilidade para a planta através da redução da adsorção na fração coloidal do solo (Parent, Khiari e Pellerin, 2003), além de diminuir a transformação dos fosfatos em formas indisponíveis (Iyamuremye e Dick, 1996) e, permitir um melhor desenvolvimento das raízes das plantas na fase inicial do desenvolvimento (Lee e Bartlett, 1976).

KIEHL (1985) destaca que a matéria orgânica somada aos nutrientes minerais facilita a absorção destes últimos e auxilia no transporte de fotoassimilados elaborados pela própria planta.

Benício et al. (2011) estudaram o uso de biofertilizante orgânico, com aplicação foliar, em mudas de couve e relataram um maior crescimento de mudas e produção de biomassa fresca, proporcionadas pela aplicação do biofertilizante na concentração de 6%. Foi observada uma maior quantidade de biomassa seca, resultante do uso do biofertilizante, na concentração de 2%.

Oliveira et al. (2010) avaliaram o uso com adubação orgânica e mineral para diferentes arranjos espaciais, entre as culturas da alface e rúcula. Foi observado maiores rendimentos das folhas de alface para o cultivo orgânico, maior altura média e, maior quantidade de massa seca, da parte aérea de mudas de rúcula.

O *biochar* é um produto obtido pelo processo de pirólise, onde a biomassa é submetida a altas temperaturas, entre 450 °C e 750 °C, em um meio inerte, sendo obtidos como resultado processo: produto sólido (*biochar*), líquido (bio-óleo); e, gasoso (gás pirolítico).

O *biochar* possui uma estrutura aromática, o que o torna mais recalcitrante que muitos outros tipos de matéria orgânica presentes no solo. Desta forma, sua oxidação ocorre de forma lenta no solo, o que leva à produção de grupos funcionais negativos na sua superfície, como o grupo carboxílico e fenólico, Chen et al. (2014).

Dada a grande importância do desenvolvimento de novos fertilizantes para aumentar a produção de alimentos, o objetivo deste trabalho foi a produção de fertilizantes organominerais a partir de resíduos lignocelulósicos. O trabalho foi dividido nas seguintes etapas: caracterização da biomassa residual (eucalipto) com relação a presença de micro e macro nutrientes (N, P, K, Mo, Zr, S, dentre outros) por EDX; análise elementar e imediata; pirólise do material lignocelulósico para produção de *biochar*; avaliação dos parâmetros operacionais da pirólise que possibilitem a concentração e liberação controlada dos nutrientes; adsorção dos fertilizantes minerais nos *biochars* obtidos de diferentes materiais; obtenção de *pellets* para os organominerais; e, testes de eficiência dos mesmos.

## METODOLOGIA

### Caracterização da biomassa

Os resíduos de eucalipto foram oriundos do serviço florestal da Caetex Florestal S.A. localizada no Distrito de Ipioca (Maceió – AL). Este resíduo foi triturado por um moinho tipo Willie modelo TE-650, do Laboratório de Bioprocessos e Alimentos (LTBA-UFAL). Este processo foi necessário para a caracterização da biomassa, permitindo a aplicação das seguintes análises: análise elementar; teor de umidade e de voláteis; teor de cinzas e carbono fixo; e, análise termogravimétrica (TGA/DTG). A análise elementar foi realizada pelo Grupo de Pesquisa em Petróleo e Energia da Biomassa (PEB), da Universidade Federal de Sergipe (UFS) num equipamento de análise elementar, Modelo CHN628 da LECO. Os resultados foram tratados no Software CHN628 versão 1.30.

Neste sentido as análises imediatas foram realizadas segundo as normas NBR 14 929, NBR 16587, NBR16586 da ABNT, e o teor de carbono fixo, o qual é uma medida indireta que

relaciona o teor de voláteis e cinzas. Para a análise termogravimétrica, foi utilizada uma termobalança (Shimadzu mod. TGA-60H, Japão). Para esta análise, 1,0 g da amostra foi aquecida entre 26 e 1000 °C, com uma taxa de aquecimento de 10 °C·min<sup>-1</sup>, em forno com atmosfera de nitrogênio (vazão média de 50 mL·min<sup>-1</sup>), para determinar o perfil de decomposição térmica da amostra, utilizando-se cadinhos de platina na análise no equipamento.

### Produção de *biochar*.

O experimento de pirólise do resíduo lignocelulósico foi realizado em uma unidade experimental constituída por um forno tubular (Marca JUNG - LT6; potência 2,5 kW), aquecido por resistência elétrica, com a capacidade de atingir a temperatura de até 1000°C. Possui também oito condensadores tipo bola, ligados em série, permitindo a condensação dos materiais voláteis através do resfriamento com água fria, Figura 1.

A temperatura de operação do reator foi de 500°C a uma taxa de aquecimento de 15°C/min para um tempo de retenção de 120 minutos.

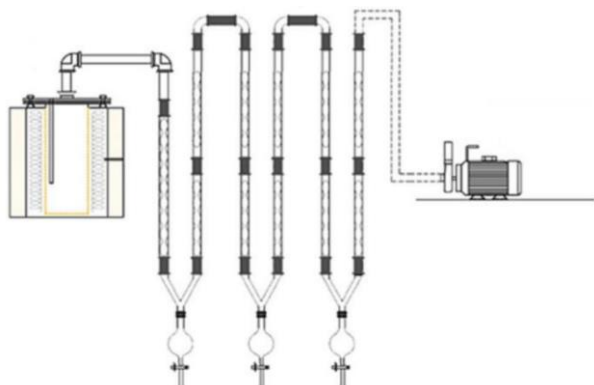


Figura 1- Unidade experimental da pirólise, Farias *et al.* 2022

Visando identificar um maior rendimento em *biochar* foi utilizado um planejamento experimental completo <sup>23</sup>, realizado em duplicata. Os intervalos das variáveis: temperatura (*T*); taxa de aquecimento (*Tx*); e, tempo de residência (*t*), foram escolhidas com base em estudos preliminares da análise termogravimétrica, Tabela 1.

### Produção dos *pellets*

O fertilizante foi produzido a partir de 3 compostos principais: fertilizante mineral (NPK), torta e *biochar*. O NPK mineral tem proporção 10, 10, 10 dos compostos, nitrogênio, fosforo e potássio.

Tabela 1 - Variáveis para estudo da pirólise do eucalipto.

Variáveis	Intervalo	
<i>T</i> (°C)	450	650
<i>Tx</i> (°C/ min)	5	50
<i>t</i> (h)	1	2

A torta foi obtida pelo processo de decantação do caldo em usina sucroalcooleiras, e o *biochar*, produzido a partir do caule do eucalipto.

Para obtenção da maior eficiência do fertilizante foi realizado um planejamento composto central com alfa de ortogonalidade, considerando como variáveis os valores mássicos do fertilizante NPK, torta e *biochar*. O intervalo das variáveis foi baseado em estudos preliminares, apresentando os percentuais mínimos e máximos de massa: NPK, 10 a 30%; torta, 33 a 45%; e, *biochar* 33 a 47%.

O material foi triturado até granulometria inferior a 0,6 mm (peneira Tyler 28), e os *pellets* foram obtidos pela prensagem da massa umedecida com 0,4 g de água, e homogeneizada. Para isto, foi utilizada uma forma de metal, confeccionada para este fim, sendo aplicada uma pressão de 2 toneladas. durante 60 segundos. Em seguida, o pellet foi seco em estufa a 80°C por 24 horas, período em que se obteve massa constante, e resistência mecânica compatível com o uso.

### Teste de eficiência

A eficiência do fertilizante organomineral em *pellets* foi verificada através do plantio, utilizando sementes de rúcula, conforme planejamento experimental. Para este fim, foram utilizados sacos de polietileno padronizados para plantio, contendo 350g de terra, previamente analisada, onde foram plantadas 3 sementes de rúcula de forma espaçada, juntamente com 1 *pellet*, enterrado a 1 cm de profundidade. Estes sacos foram, em seguida, colocados em uma estufa de plantio,

em condições favoráveis de rega e exposição solar, para a cultura.

Foi mantido um único broto em cada saco sendo os outros dois retirados para evitar a concorrência por nutrientes. Após 45 dias da germinação, tempo estipulado para a colheita, de acordo com o fornecedor, as plantas foram colhidas e tiveram sua massa determinada. Em seguida foram mantidas em estufa a 50°C, por 24 horas, visando obter a massa seca da planta. Foi, então, separada a parte aérea (caule e folhas) do sistema radicular, determinando novamente suas respectivas massas. Foi assumido como parâmetro de eficiência do fertilizante organomineral a obtenção da maior massa seca da parte aérea da planta, Figura 2.

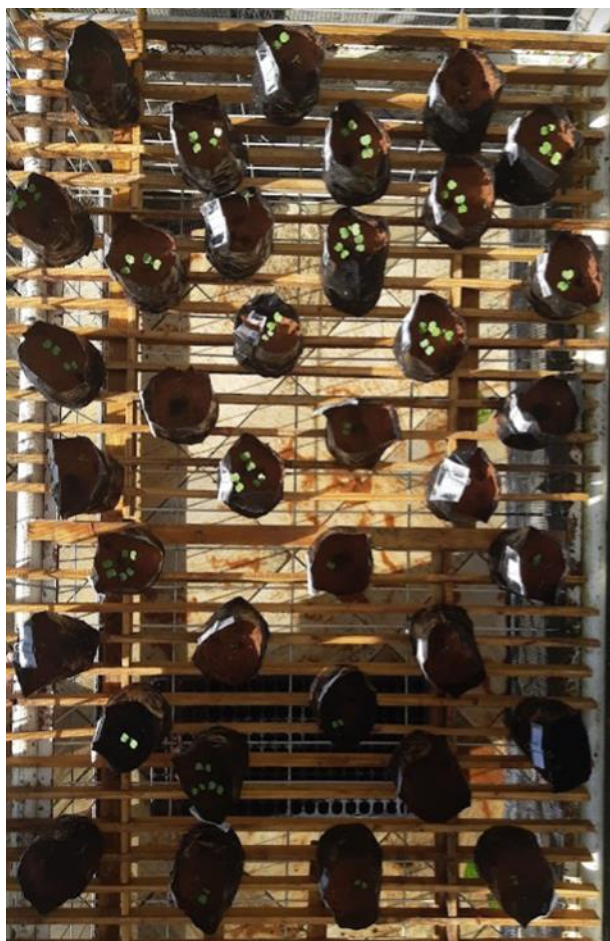


Figura 2 – Teste de eficiência do fertilizante organomineral.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi obtida a seguinte composição elementar do eucalipto utilizado: carbono (44,75% C), hidrogênio (6,157% H), nitrogênio (0,034% N) e oxigênio (49,06 O). Obteve-se a seguinte correlação: H/C de 0,605; e, O/C de

0,822, o qual apresenta resultados semelhantes à literatura (MACEDO, et al., 2014, FIALHO, et al., 2019). O eucalipto apresenta altos teores de oxigênio que tendem a se decompor, formando compostos voláteis e compostos oxigenados, como aldeídos fenóis e cetonas. O teor de carbono está associado a lignina, tendendo a maior formação de *biochar*, com rendimento de 44,75%.

A análise imediata da biomassa residual, indicou que o eucalipto é composto por: 75,35% de compostos voláteis (incluindo 6,7% de umidade); 21,05 de carbono fixo; e, 2,6% de cinzas.

Para o processo pirolítico o aumento da umidade da biomassa, implica em maior gasto energético e, portanto, maior custo do processo. Segundo Bridgwater (2006) a umidade ideal necessita estar abaixo de 12%. O teor de voláteis está relacionado com a quantidade de matéria orgânica presente na biomassa que se decompõe na primeira etapa da pirólise. Um alto teor de cinzas indica a diminuição do poder calorífico do material, indicando a presença de minerais alcalinos. O teor de carbono fixo elevado é favorável para sistemas de pirólise que visam a produção de *biochar* (RÓZ et al., 2015).

O estudo da decomposição térmica foi realizado por meio de curva de TGA/DTG Figura 3, utilizando o *software Statistica 10*.

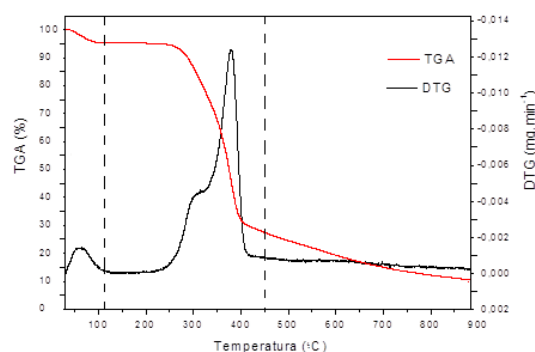


Figura 3 - Análise termogravimétrica do eucalipto.

A perda de água da biomassa, aproximadamente de 5%, ocorre entre 25°C e 110°C. Os picos de 280 a 320°C e de pico de 320 a 410°C, referem-se, respectivamente, a degradação da hemicelulose e celulose com perda de massa de 55%. A lignina começa a degradar a 380 °C, com perda de massa nula,

após 450°C (FIALHO, et al., 2019, ALMEIDA, et al., 2013).

### Produção de biochar

A Figura 4 apresenta os resultados dos rendimentos, em *biochar*, da pirólise do eucalipto em função da temperatura, taxa de aquecimento e tempo de residência, obtido a partir do planejamento experimental 2<sup>3</sup>. Os rendimentos apresentaram semelhanças no tempo de residência e taxas de aquecimento, mostrando baixa interação na produção do carvão *biochar*. Entretanto, a temperatura mostrou ser a variável de maior influência neste estudo, apresentando maiores rendimentos em *biochar*, em temperaturas mais baixas, com uma diferença de aproximadamente 5% em relação às temperaturas superiores. Estes dados demonstram semelhanças com a literatura (BRIDGWATER, 2011).

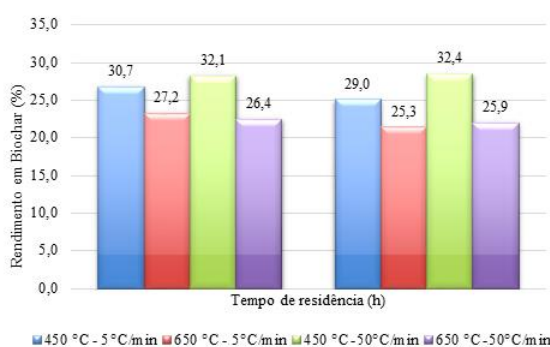


Figura 4 – Rendimento em *biochar* da pirólise do eucalipto.

### Resultado experimental do plantio

A Tabela 2 apresenta o percentual mássico dos componentes dos 3 *pellets*, utilizados em cada experimento. Foi também realizado um experimento utilizando fertilizante mineral comercial, porém, não houve germinação das sementes.

Os experimentos denominados *Torta* e *Biochar*, referem-se aos testes para acompanhamento do crescimento da planta, onde foram apenas adicionados 2 gramas dos compostos. No experimento *Testemunha*, não foi adicionado nenhum componente, sendo utilizado como referência. Estes dados não foram contabilizados no estudo, por estarem fora da faixa da pesquisa. Esta tabela não apresenta os resultados referentes ao NPK uma vez que não houve germinação das sementes.

Tabela 2 – Composição dos *pellets* (percentagem em massa).

Experimento	Biochar (%)	NPK (%)	Torta (%)
1	35	30	35
2	35	20	45
3	45	20	35
4	45	10	45
5	33	27	40
6	47	13	40
7	40	27	33
8	40	20	40
Testemunha	0	0	0
Torta	0	0	100
Biochar	100	0	0

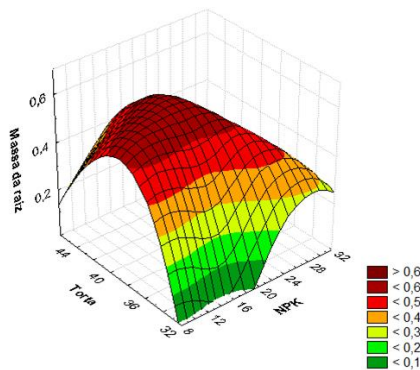
Após 45 dias de germinação da semente, foi mensurada a massa seca da parte aérea ( $m_{aérea}$ ) e radicular ( $m_{radicular}$ ) de cada planta, conforme o planejamento experimental. A Tabela 3, apresenta o valor médio e o desvio padrão das 3 amostras.

Tabela 3 – Massa seca da parte aérea e radicular, após germinação das sementes.

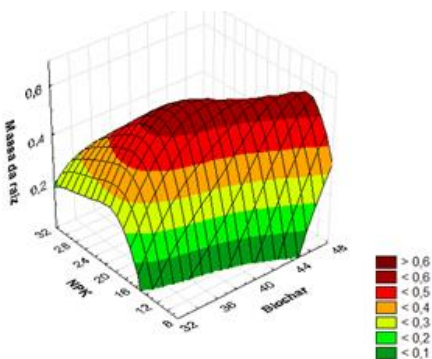
Experimento	$m_{aérea}$ (g)	$m_{radicular}$ (g)
1	0,8431 ± 0,1206	0,3400 ± 0,0143
2	0,6065 ± 0,1062	0,4637 ± 0,0440
3	0,7207 ± 0,0531	0,3586 ± 0,0934
4	0,3614 ± 0,0291	0,2756 ± 0,0677
5	0,8142 ± 0,0269	0,2917 ± 0,0700
6	0,2899 ± 0,0364	0,5648 ± 0,0164
7	0,4652 ± 0,0074	0,3467 ± 0,0112
8	0,6073 ± 0,0951	0,5713 ± 0,0555
Testemunha	0,1932 ± 0,0232	0,1337 ± 0,0469
Torta	0,2334 ± 0,0686	0,1502 ± 0,0294
Biochar	0,1758 ± 0,0088	0,1298 ± 0,0175

Observa-se, através da análise dos experimentos apresentados na Tabela 3, que para o NPK mineral houve uma melhora no crescimento radicular e aéreo na ordem de 75%, com o aumento das dosagens estabelecidas. Presenças de torta e *biochar* também foram evidenciados positivamente. A ações menos relevantes podem ser observadas pela presença de *biochar* isoladamente, no entanto este elemento só é evidenciado em culturas posteriores pois seu principal papel é a retenção dos micro e macro componentes evitando a sua lixiviação no solo e mantendo a sua fertilidade

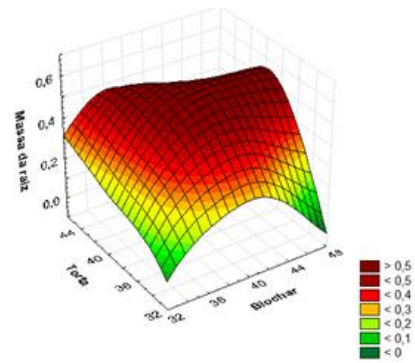
Os Experimentos 1 a 8 foram realizados em triplicata, sendo os resultados apresentados nas Figuras 5 e 6, correspondendo a variação de massa da raiz e da parte aérea da planta, respectivamente. Foi estudada a seguinte faixa percentual de mistura na formação do *pellet*: fertilizante NPK (10 a 30); torta (33 a 45); e, *biochar* (33 a 47). Nestas figuras, os gráficos são plotados em função do percentual mássico de torta, fertilizante (NPK), e/ou *biochar*.



(a) Massa seca da raiz, em função do percentual de torta e fertilizante.



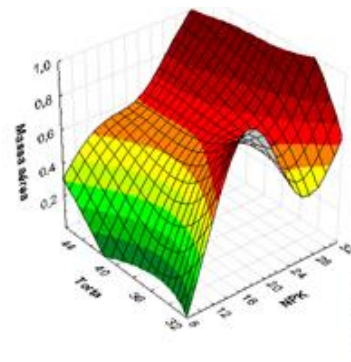
(b) Massa seca da raiz, em função do percentual de fertilizante e *biochar*.



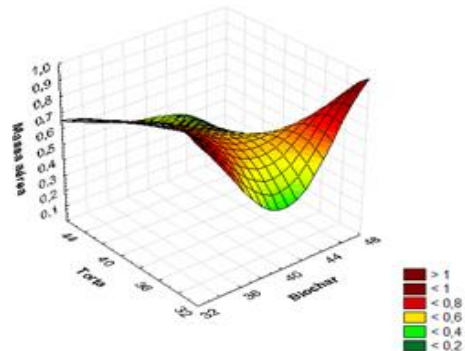
(c) Massa seca da raiz em função do percentual de torta e *biochar*.

Figura 5 – Variação da massa seca raiz.

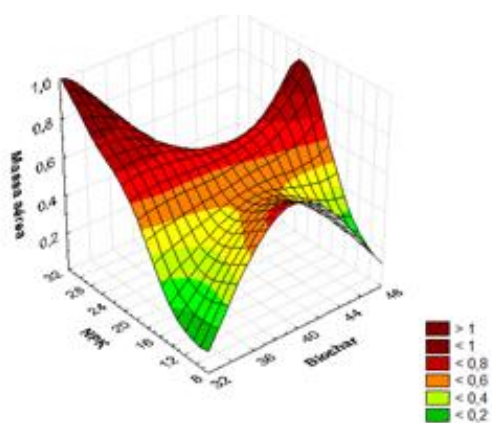
Na Figura 5, os gráficos (a), (b) e (c) referem-se à variação da massa seca radicular, em função do percentual de: (a) torta e fertilizante; (b) fertilizante e *biochar*; e, (c) torta e *biochar*, respectivamente. A maior formação de massa radicular foi obtida quando, do uso de *pellets* com 40% da torta, e com fertilizante e *biochar* na faixa de 13 a 20% e 39 a 47%, respectivamente.



(a) Massa seca aérea em função do percentual de torta e fertilizante.



(b) Massa seca aérea em função do percentual de torta e *biochar*.



(c) Massa seca aérea em função do percentual de NPK e *biochar*.

Figura 6 – Variação da massa seca da parte aérea da planta.

Na Figura 6, os gráficos (a), (b) e (c) referem-se à variação da massa seca aérea, em função do percentual de: (a) torta e fertilizante; (b) torta e *biochar*; e, (c) fertilizante e *biochar*, respectivamente. No intervalo estudo foi possível observar a forte influência do fertilizante no aumento da massa aérea (caule e folha), sendo mais efetivo em percentuais acima de 22%, obtendo o valor máximo em 27%. A torta e o *biochar* tiveram menor influência, apresentando melhor resultado, no intervalo entre 34 a 40% e 33 a 35%, respectivamente. Apesar do notório crescimento da massa área com relação à testemunha, em análise à Figura 6, não é possível uma análise conclusiva, da influência da torta e *biochar*, no entanto, apresentaram crescimento crescente com o aumento do NPK, fato este esperado, Figura 6a, 6b e 6c.

## CONCLUSÃO

A utilização do eucalipto mostrou-se promissora na produção de *biochar* utilizando-se de processos termoquímicos como a pirólise. Ao comparar as taxas de aquecimento dentro do intervalo estudado, percebe-se que menores taxas, temperaturas, e tempo de residência provocam maiores rendimentos. Isso pode ser justificado pela temperatura da degradação da lignina, explicada pela análise. Contudo houve discrepância dos dados da literatura com os resultados obtidos (no caso específico da amostra a 450°C), onde menores taxa de aquecimento deveriam produzir maiores rendimentos de *biochar*, que não foi o caso.

De acordo com os dados observados pode-se concluir que dentro do intervalo estudado o fertilizante químico é essencial para o desenvolvimento do caule e folhas da planta, apresentando uma influência muito maior que o *biochar* e a torta. O fertilizante químico (NPK) mostrou-se mais eficaz em valores entre 22 e 33%, atingindo seu pico em 27%, enquanto a torta e o *biochar* apresentaram seus maiores valores entre 34-40% e 33-35%, respectivamente.

Para o desenvolvimento da raiz da planta o percentual de torta do fertilizante foi o fator dominante, apresentando resultados mais satisfatórios para um percentual mássico de 40%. O fertilizante químico e o *biochar* pouco influenciaram seu desenvolvimento, e seus percentuais mássicos apresentaram maior eficiência no intervalo de 13-20% e 39-46% respectivamente

Contudo, a influência do *biochar* no fertilizante organomineral em *pellet* foi muito baixa, visto que o maior desenvolvimento na parte aérea ocorreu quando seus valores eram os menores dentro do intervalo estudado. Apesar do desenvolvimento da raiz ter sido maior utilizando um elevado percentual de *biochar*, a massa da raiz não variou significativamente. Esta baixa influência é esperada, visto que o *biochar* retém os nutrientes, evitando as perdas por lixiviação. Tais perdas não são significativas no primeiro plantio, sendo mais evidentes após alguns plantios, utilizando o mesmo solo onde foi aplicado o fertilizante. Portanto, faz-se necessária a condução de estudos mais extensos, bem como, análises referentes a lixiviação e retenção de nutrientes no solo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T. M.; BISPO, M. D.; CARDOSO, A. R. T.; MIGLIORINI, M. V.; SCHENA, T.; CAMPOS, M. C. V.; MACHADO, M. E.; LOPEZ, J. A.; KRAUSE, C.; CARAMÃO, E. B. Preliminary Studies of Bio-Oil from Fast Pyrolysis of Coconut Fibers. *J. Agric. Food Chem.*, 61, 6812–6821, 2013.

- BENÍCIO, L. P. F.; SILVA, L. L.; LIMA, S. D. O. Produção de mudas de couve sob efeito de diferentes concentrações de biofertilizante. *Revista Acta Tecnológica - Revista Científica, Maranhão*, v.6, n.2, p.1-6, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa 25, de 23 de julho de 2009. *Diário Oficial, Brasília, DF*, 28 de junho de 2009. Seção 1, p. 20.
- BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 38, 68–94. Doi: 10.1016/j.biombioe, 2011.
- BRIDGWATER, A.V. Biomass for energy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 86, p.1755-1768, 2006.
- CHEN, Y.; CHEN, Y. X.; HUANG, X.; HU, B.; SHI, D. Z.; WU, W. X. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting. *Chemosphere, Elsevier, Amsterdam*, v. 78, n. 9, p. 1177-1181, 2010.
- FARIAS, R. O., LINS, P.V.S. GABRIEL, R., SILVA, A.D.R., CARVALHO, L. L. M., MEILI, L., ALBUQUERQUE, A. A. , CARVALHO, S. H. V., SOLETTI, J. I., BISPO, M. D., Pyrolysis of Coconut Inflorescence Wastes: Production, Effects of Parameters, Characterization and Optimization of Phenolic-Rich Bio-Oil, *Int. J. Environ Res*, 2022, 16:15.
- FIALHO L. F., CARNEIRO A. C. O., FIGUEIRÓ C. G., CARNEIRO A. P. S, SURDI P. G, VITAL B. R, MAGALHÃES M. A, PERES L. C; Application of thermogravimetric analysis a pre-selection tool for *Eucalyptus spp*; *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.14, n.3, e6363, 2019.
- GALVÃO J. R, ALMEIDA K. C, CARRÉRA L. C, LIMA L. M, PACHECO M. J. B, ASSIS L. F. C. T, JESUS A. M. B. S, CARRERA J. C, VIANA T. C; Adubação química e orgânica associados ao biocarvão promovem maior crescimento à chicória (*Eryngium foetidum L.*) *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 4, p.19599-19611, apr. 2020.
- IBGE, Indicadores IBGE, Contas Nacionais Trimestrais, 4o tri/2016, acessado em agosto de 2020.
- IYAMUREMYE, F.; DICK, R. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. *Advances in Agronomy*, v. 56, p. 457-461, 1996.
- LEE, Y. S.; R. J. BARTLETT. Stimulation of plant growth by humic substances. *Soil Science Society of America Journal*, v. 40, n. 6, p. 876-879. 1976.
- MACEDO, L. A.; ROUSSET, P. L. A.; VALE, A. T. Influência da composição da biomassa no rendimento em condensáveis da torrefação de resíduos vegetais. *Brazilian Journal of Forestry Research*, v. 34, n. 80, p. 417–424, 2014.
- OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v.28, n.1, p.36-40, 2010.
- PARENT, L. E.; KHIARI, L. & PELLERIN, A. The P fertilization of potato: Increasing agronomic efficiency and decreasing environmental risk. *Acta Horticulturae*, v. 627, p. 35-41, 2003.
- PETTER F. A., FERREIRA T. S, SINHORIN A. P, LIMA L. B, MORAIS L. A, PACHECO L. P; Sorption and desorption of diuron in Oxisol under biochar application; *Bragantiavol. 75edição* 4(2016) pp: 487-496; publicado pelo Instituto Agrônômico.
- RÓZ, A. L, RICARDO, J. F. C., NAKASHIA, G. T., SANTOS, L. R. O., YAMAJI, F. M. Maximização do teor de carbono fixo em biocarvão aplicado ao sequestro de carbono. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, p. 810–814, 2015.
- TRAZZI P. A, HIGA A. R, DIECKOW J, MANGRICH A. S, CLARA R, HIGA V; Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal, *Ciência Florestal, Santa Maria*, v. 28, n. 2, p. 875-887, 2018