Perguntas frequentes sobre o Biochar.

Documento elaborado pelos agrônomos especialistas da NetZero em colaboração com os professores Leônidas CARRIJO (Universidade Federal de Lavras) e Edson MATTIELLO (Universidade Federal de Viçosa)

Summary

1 - PRODUTO

2 - COMPOSIÇÃO

3 - BENEFÍCIOS

4 - QUANTIDADE

5 - APLICAÇÃO

6 - TRANSPORTE

7 - EMBALAGEM

8 - MECANISMOS

9 - RENDIMENTO

10 - NUTRIENTES

11 - RISCOS

12 - OUTRAS QUESTÕES

1 - Produto - O que é o Biochar e como foi descoberto? Como é produzido?

Biochar é um material sólido e rico em carbono produzido a partir de resíduos de biomassa. Seu uso na agricultura teve origem nos estudos de solos férteis encontrados na Amazônia, as chamadas "Terras Pretas de Índio" (TEIXEIRA et al., 2009). É classificado como um condicionador de solo, devido a sua alta estabilidade e capacidade em reter nutrientes e água, além de reduzir a quantidade de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera e ajudar a mitigar as mudanças climáticas (LEHMANN; JOSEPH, 2015). Quando incorporado ao solo, em condições específicas, tem potencial para aumentar a qualidade e rendimento das culturas (JEFFERY et al., 2011; ROGERS et al., 2022).

O Biochar é produzido através de um processo chamado pirólise, no qual a biomassa é aquecida a altas temperaturas sob suprimento limitado de oxigênio, que provoca a sua decomposição térmica. As temperaturas de produção de Biochar tipicamente variam entre 350 °C a 700°C (LEHMANN; JOSEPH, 2015), o que permite obter um material rico em carbono estável e com propriedades únicas.

2 - Composição - Qual é a composição e quais são as características físicas, químicas e biológicas do Biochar?

O Biochar é um material poroso e carbonáceo produzido pela pirólise da biomassa de uma gama de resíduos orgânicos, por exemplo, resíduos agrícolas, agroindustriais ou florestais. A composição do Biochar pode variar dependendo do tipo de biomassa utilizada e das condições de produção (JIA et al., 2018). No entanto, geralmente, o Biochar contém majoritariamente, carbono, bem como quantidades menores de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e uma variedade de micronutrientes (KIGGUNDU; SITTAMUKYOTO, 2019). De acordo com estudos realizados por Joseph et al. (2021) e Ye et al. (2020), seguem algumas características físicas, químicas e biológicas do Biochar.

Características físicas:

- Cor: O Biochar é geralmente preto ou marrom escuro, devido à presença de carbono.
- Porosidade: O Biochar tem uma microestrutura porosa que pode variar devido à biomassa e às condições de produção. Essa porosidade ajuda a reter água e nutrientes e promove a atividade microbiana no solo.
- Densidade: O Biochar tem a densidade menor do que muitos solos, o que pode ajudar a melhorar a aeração quando aplicado.
- Tamanho de partícula: O tamanho das partículas de Biochar pode variar de finas a grossas, dependendo do processo de produção. Essas partículas formam agregados capazes de aumentar a infiltração de água no solo, aeração e drenagem.

Características químicas:

- Estabilidade: O Biochar é altamente estável, o que significa que não se decompõe rapidamente. Isso ajuda a reter o carbono e os nutrientes no solo por um longo período.
- pH: O Biochar tem um pH alcalino, o que pode ajudar a neutralizar o pH de solos ácidos.
- Capacidade de troca catiônica (CTC): O Biochar pode ter uma alta capacidade de troca catiônica, o que permite reter nutrientes presentes no solo na forma de íons, tornando-os disponíveis para as plantas.

Características biológicas do Biochar:

- Microrganismos: Devido à estrutura porosa do Biochar, ele pode abrigar microrganismos benéficos no solo, como bactérias e fungos que ajudam a decompor matéria orgânica e fixar nitrogênio. Além disso, pode abrigar microrganismos solubilizadores de fósforo e potássio e aumentar a disponibilidade desses nutrientes às plantas (RAFIQ et al., 2020).
- Melhoria da saúde das plantas: O Biochar pode ajudar a melhorar a saúde das plantas, reduzindo a perda de nutrientes, melhorando a retenção de água e promovendo a atividade microbiana no solo (SANCHEZ-REINOSO; LOMBARDINI; RESTREPO-DÍAZ, 2022).

3 - Benefícios - Quais são os principais benefícios da produção e da aplicação do Biochar, e quais benefícios espera-se que ele traga para a agricultura e para o clima?

O Biochar é uma solução sustentável que pode beneficiar a agricultura e o meio ambiente de várias maneiras, desde o sequestro de carbono até a melhoria da qualidade do solo e o aumento da produção agrícola (Bahrun et al., 2019; Kiggundu & Sittamukyoto, 2019). A seguir, estão alguns dos principais benefícios do Biochar:

Retenção de nutrientes e água: O Biochar pode ajudar a reter nutrientes e água no solo, melhorando a saúde e a produtividade das plantas. Ele também pode reduzir a necessidade de irrigação, pois o solo se torna mais eficiente em reter a água (JOSEPH et al., 2021).

Redução do uso de fertilizantes: A utilização do Biochar pode reduzir a necessidade de fertilizantes químicos, seja pelo aporte direto dos nutrientes ou pelo aumento da eficiência de uso pelas plantas, podendo assim, potencialmente, reduzir a dose de fertilizantes recomendadas ou aumentar os rendimentos das culturas (SANCHEZ-REINOSO; LOMBARDINI; RESTREPO-DÍAZ, 2022). Isso se traduz em custos de produção mais baixos para o agricultor, sobretudo num contexto de subida dos preços dos fertilizantes.

Melhoria da qualidade do solo: O Biochar pode melhorar a qualidade do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes, melhorando a estrutura do solo e promovendo o crescimento de microrganismos benéficos (ANTONANGELO; SUN; ZHANG, 2021; JOSEPH et al., 2021).

Aumento da produção agrícola: O uso do Biochar pode aumentar a produtividade agrícola, uma vez que melhora a qualidade do solo e aumenta a retenção de nutrientes e água e pode apresentar efeito sinérgico com fertilizantes químicos (MELO et al., 2022).

Sequestro de carbono: O Biochar é uma solução eficaz de sequestro de carbono, pois o processo de pirólise estabiliza o carbono captado da atmosfera pela biomassa. A alta estabilidade do Biochar faz com que este carbono possa permanecer no solo por centenas ou até mesmo milhares de anos (LEHMANN et al., 2021).

Redução de emissões de gases de efeito estufa: A produção de Biochar pode ser feita de forma sustentável, utilizando resíduos agrícolas e florestais que, de outra forma, poderiam ser queimados ou deixados a apodrecer, tornando-se passivos ambientais. Além disso, utilizar menos fertilizantes sintéticos graças ao Biochar significa menores emissões de gases de efeito estufa ligadas à produção e uso desses fertilizantes, especialmente os nitrogenados (SHRESTHA et al., 2023).

Cogeração de energia: Além de produzir Biochar, a pirólise controlada produz biogases e bio-óleo, que podem ser usados como fontes de energia renovável (LEHMANN et al., 2021), especialmente para produzir eletricidade. O calor residual da pirólise também pode ser recuperado para usos de secagem (exemplo: secagem de café).

4 - Quantidade - Qual é a quantidade de Biochar que precisa ser aplicada no solo e por quê?

A quantidade de Biochar a ser aplicada varia dependendo de sua composição química, do tipo de solo e disponibilidade de nutrientes e da cultura. Ela deverá ser definida caso a caso com base em uma recomendação agronômica assertiva. Vários experimentos foram feitos ao longo dos últimos anos, com diferentes doses e em diferentes locais do mundo, mas as doses ótimas recomendadas para os agricultores no Brasil estão sendo alvo de estudos específicos da NetZero junto a agricultores locais de várias regiões do país.

Um padrão geral está sendo estabelecido e será recomendado aos agricultores para início da aplicação, tanto para lavouras maduras quanto em novas plantações. À medida que os estudos regionais, apoiados pelos órgãos de pesquisa parceiros da NetZero, forem evoluindo, novas recomendações podem ser feitas, e serão implantadas em conjunto com os produtores com o apoio da NetZero.

5 - Aplicação - Como o Biochar precisa ser aplicado no solo?

Existem várias maneiras de aplicar o Biochar. A escolha do método dependerá das características do solo, das culturas cultivadas e dos objetivos da aplicação. Algumas das formas mais comuns de aplicação de Biochar no solo são:

1-Incorporação mecânica: Nesse método, o Biochar é misturado com o solo através de equipamentos de incorporação, como arados, grades ou escarificadores. Esse método é mais indicado para solos arenosos ou argilosos, onde a incorporação é mais fácil.

2-Incorporação manual: Mesma forma discutida acima, porém se aplica para os casos em que a aplicação mecânica não é possível.

3-Aplicação superficial: Nesse método, o Biochar é aplicado diretamente na superfície do solo, sem a necessidade de incorporação. A incorporação ocorre naturalmente ao longo do tempo pelos tratos culturais, pela ação da chuva, da interação com as raízes das plantas e pelos microrganismos. Esse método deve ser utilizado em terrenos planos para evitar que o Biochar seja carregado pela chuva e é mais indicado para solos compactados ou com alta umidade ou ainda em sistemas de cultivo que não se faz o revolvimento do solo (ex. culturas perenes como o café ou sistema de plantio direto).

4-Mistura com fertilizantes: O Biochar pode ser misturado com fertilizantes, como ureia ou superfosfato, para aumentar a eficiência da aplicação. Isso pode ajudar a reduzir a quantidade de fertilizantes químicos necessários e melhorar a produtividade das culturas (BAI et al., 2022; MELO et al., 2022).

Independentemente do método escolhido, é importante que o Biochar seja aplicado no local certo no solo (ex. em faixas sob a copa das plantas ou em covas antes do plantio de culturas perenes etc.), perto das raízes das plantas, para que ele possa atuar efetivamente. É importante também garantir que o Biochar utilizado seja de boa qualidade, livre de impurezas e contaminantes. Além disso, a aplicação de Biochar deve ser acompanhada de monitoramento para avaliar o seu efeito no solo e nas culturas ao longo do tempo.

Importante: Lembre-se de sempre utilizar equipamentos de proteção individual antes da aplicação, incluindo proteção ocular, respiratória e das mãos.

Caso seja necessário secar o material para facilitar a sua aplicação, deve-se fazê-lo ao tempo, em local preferencialmente coberto sem exposição direta ao sol, e sem a utilização de nenhuma fonte de calor externa (secadores por exemplo), para evitar a combustão do material.

6 - Transporte - Como transportar e estocar o Biochar?

Certifique-se de que todos os bags estejam devidamente fechados antes de qualquer operação de transporte e coloque-os em um trailer fechado, quando disponível.

Não transporte os bags juntamente com produtos inflamáveis, explosivos, corrosivos ou tóxicos e não coloque a embalagem do Biochar em contato ou perto de superfícies quentes, incluindo superfícies suscetíveis de aquecimento devido à proximidade com motor, transmissão ou peças mecânicas sujeitas à combustão e/ou fricção.

O Biochar NetZero deve ser estocado em ambiente protegido da chuva (embaixo de galpão ou coberto por lonas) devido a sua alta capacidade de reter umidade.

Importante: O Biochar NetZero deve ser mantido em ambiente longe de produtos inflamáveis e de locais que possam causar riscos e geração de faíscas ou centelhas devido ao risco de entrar ignição e causar um incêndio.

7 - Embalagem - Para que serve o QR Code na embalagem? Tenho que devolver a embalagem do Biochar?

Todas as embalagens de Biochar NetZero possuem um QR Code, que é uma identificação única, essencialmente sua "impressão digital". Quando o produtor escaneia o QR Code através de nosso aplicativo, conseguimos monitorar e verificar exatamente onde cada Biochar fornecido está sendo utilizado, o que nos permite manter um controle de qualidade sobre cada lote produzido.

Como nosso pilar é a sustentabilidade, todos os bags são retornáveis, promovendo a redução do desperdício de recursos e contribuindo para um planeta mais saudável.

8 - Mecanismos - Qual é o mecanismo de ação do Biochar no solo? Quais as implicações físicas, químicas e biológicas sobre a qualidade do solo e como acontecem?

O mecanismo de ação do Biochar no solo é multifacetado e envolve uma combinação de fatores físicos, químicos e biológicos que melhoram a qualidade do solo e promovem a maior produtividade agrícola (JOSEPH et al., 2021; KIGGUNDU; SITTAMUKYOTO, 2019). Segundo autores referenciados, estes são alguns dos principais efeitos do Biochar no solo:

1- Melhoria da estrutura do solo: O Biochar é poroso e pode ter uma grande área superficial, o que ajuda a melhorar a estrutura do solo aumentando a porosidade, permitindo uma melhor aeração e drenagem. Além disso, ele ajuda a reduzir a compactação do solo, tornando-o mais fácil de ser cultivado.

2- Aumento da capacidade de retenção de água: O Biochar tem uma alta capacidade de retenção de água, o que ajuda a aumentar a disponibilidade para as plantas. Isso é particularmente importante em solos arenosos ou com baixa capacidade de retenção de água.

3- Aumento da capacidade de retenção de nutrientes: Alguns tipos de Biochar tem uma alta capacidade de absorção de nutrientes, o que ajuda a retê-los no solo e a torná-los mais disponíveis para as plantas. Ele também pode ajudar a reduzir a lixiviação de nutrientes, evitando a poluição da água.

4- Estímulo ao crescimento de microrganismos benéficos: O Biochar fornece um habitat favorável para o crescimento de microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, que ajudam a decompor a matéria orgânica e a ciclar nutrientes. Além disso, ele ajuda a aumentar a diversidade de microrganismos, o que pode melhorar a resistência do solo a doenças e pragas.

Esses efeitos são resultados da interação entre o Biochar e o solo, e podem variar dependendo do tipo de solo, da qualidade do Biochar e da dose aplicada. Em geral, a aplicação de Biochar pode melhorar significativamente a qualidade do solo, promovendo uma agricultura mais sustentável e resiliente.

9 - Rendimento - Que tipo de aumento de produtividade pode ser esperado com a aplicação de Biochar?

O aumento da produtividade com a aplicação de Biochar no solo pode variar dependendo do tipo de solo, da qualidade do Biochar e das condições de cultivo. No entanto, diversos estudos têm demonstrado que a aplicação de Biochar pode aumentar significativamente a produtividade agrícola em diferentes culturas e regiões.

Em um trabalho de meta-análise publicado em 2021, os autores compilaram os resultados de diversos artigos e mostraram que o Biochar pode incrementar a produtividade das culturas de 10% até 42%, com os maiores aumentos observados em solos fixadores de fósforo (solos tropicais ácidos) e solos arenosos devido ao aumento na capacidade de retenção de nutrientes e de água nesse tipo de solo (JOSEPH et al., 2021). Outro estudo publicado em 2017 que compila resultados de várias meta-análises em uma grande variedade de culturas mostra que, em regiões tropicais, o aumento de rendimento com a aplicação de Biochar foi de 25% em média (JEFFERY et al., 2017).

Além do aumento da produtividade, a aplicação de Biochar no solo pode também melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, como a concentração de nutrientes e a resistência a doenças e pragas (ROGERS et al., 2022).

No entanto, é importante lembrar que a aplicação de Biochar não é uma solução única para a melhoria da produtividade agrícola. A aplicação de Biochar deve ser vista como parte de um plano de manejo integrado do solo, que inclui outras práticas agrícolas, como rotação de culturas, adubação orgânica e manejo da água. Além disso, a aplicação de Biochar deve ser realizada com o acompanhamento de um técnico ou especialista em agricultura para determinar a quantidade adequada, o momento ideal e a frequência da aplicação.

10 - Nutrientes - O Biochar pode reduzir a aplicação química de quais nutrientes ao longo do tempo? Por que?

A aplicação de Biochar no solo pode, ao longo do tempo, reduzir a necessidade de uso de alguns nutrientes, como nitrogênio, fósforo e o potássio por melhorar a retenção e disponibilidade deles no solo, tornando-os mais acessíveis para as plantas (JOSEPH et al., 2021). O Biochar pode ainda fornecer alguns destes nutrientes, como exemplo, o Biochar de casca de café é rico em potássio e permite substituir parcialmente o potássio mineral no primeiro ano de aplicação.

O nitrogênio é um dos principais nutrientes exigidos pelas plantas para o crescimento e a produção, e muitas vezes é fornecido na forma de fertilizantes químicos sintéticos. No entanto, a aplicação excessiva de nitrogênio pode levar a problemas ambientais, como a poluição da água por meio da lixiviação de nitratos.

O Biochar pode reduzir a necessidade de fertilizantes nitrogenados, por apresentar capacidade de reter e armazenar nitrogênio no solo. Além disso, o Biochar pode melhorar a atividade biológica do solo, o que pode favorecer a fixação de nitrogênio pelas bactérias e reduzir a desnitrificação e emissão de óxido nitroso, que é um potente gás de efeito estufa (ANTONANGELO; SUN; ZHANG, 2021).

O fósforo é outro nutriente importante para o crescimento das plantas e é frequentemente adicionado ao solo na forma de fertilizantes fosfatados. No entanto, o fósforo pode se ligar a partículas do solo e se tornar menos disponível para as plantas. O Biochar pode melhorar a disponibilidade de fósforo no solo, tornando-o mais acessível para as plantas (JOSEPH et al., 2021). Além disso, pode reduzir a lixiviação de fósforo em solos arenosos, evitando a poluição da água.

O Biochar também pode fornecer potássio diretamente (ex. Biochar de casca de café) no primeiro ano após sua aplicação ou pode contribuir para melhorar a eficiência de uso do potássio aplicado via fertilizantes minerais.

É importante lembrar que a aplicação de Biochar não elimina completamente a necessidade de fertilizantes químicos, mas apenas reduz a demanda seja por fornecimento direto ou por contribuir para aumento da eficiência dos nutrientes.

11- Riscos - Existem efeitos colaterais negativos conhecidos do uso de Biochar? Quais são eles e como acontecem? Há riscos para a qualidade do solo e do meio ambiente?

Em alguns casos, se a aplicação não seguir critérios técnicos baseados em análise de solo e a aplicação for excessiva, podem ocorrer efeitos negativos na produtividade das culturas. Do mesmo modo, em doses excessivas (até 120 t/ha) pode inibir a germinação de sementes. Efeitos negativos da aplicação de altas doses (>50 t/ha) também podem ocorrer na disponibilidade de nitrogênio e fósforo (JOSEPH et al., 2021). Porém, aplicações em doses corretas seguindo critérios técnicos não devem apresentar riscos ao solo e ao ambiente.

12 - Outras questões:

Quanto Biochar a NetZero produzirá em suas usinas? Qual a quantidade de biomassa necessária e qual a distância máxima para recolhimento dessa biomassa?

A quantidade de Biochar a ser produzida por cada usina da NetZero vai depender muito da região onde será implantada. Tipicamente, considerando a utilização de resíduos de casca de café, por exemplo, cada unidade de produção da NetZero contendo dois reatores de pirólise terá a capacidade de produzir cerca de 4.500 toneladas de Biochar por ano.

Para cada tonelada de Biochar produzido, necessita-se aproximadamente de 4 toneladas de biomassa. Neste caso, cada usina da NetZero consumirá aproximadamente 16.000 toneladas de biomassa por ano.

O modelo principal de negócio da NetZero é completamente circular, ou seja, o Biochar produzido em uma usina retorna para o mesmo produtor agrícola que forneceu a biomassa para ser pirolisada. Por questões logísticas, a NetZero estabeleceu uma "distância máxima" de cerca de 30 km para que este "negócio circular" seja viável. Mesmo assim, distâncias um pouco maiores podem ainda ser possíveis, a depender das especificidades de cada região e da disponibilidade e quantidade da biomassa envolvida.

É possível produzir o Biochar com qualquer tipo de biomassa? É possível

utilizar os resíduos de poda das culturas (cascas, galhos, troncos e folhas) na produção do Biochar? Como?

Teoricamente sim, qualquer tipo de biomassa pode ser utilizado. Adaptações e ajustes no processo produtivo, principalmente nas etapas de secagem e pirólise, serão sempre necessários, dependendo das características da biomassa utilizada.

Na verdade, a produção de Biochar a partir de resíduos vegetais é extremamente flexível em relação ao tipo de biomassa a ser utilizada, e é uma forma de aproveitar materiais que poderiam ser descartados e transformá-los em um recurso valioso para melhorar a qualidade do solo.

Os resíduos de poda das culturas, como cascas, galhos, troncos e folhas, podem ser totalmente utilizados na produção do Biochar. Esses materiais são geralmente ricos em lignocelulose, que é a principal fonte de carbono na biomassa, e podem ser carbonizados para produzir Biochar.

Para produzir Biochar a partir de resíduos de poda, é importante garantir que o material seja limpo e livre de contaminação por metais pesados ou outros poluentes. Além disso, o material deve ser triturado em pedaços pequenos para garantir que ele seja carbonizado de maneira uniforme e eficiente.

Existem outras pessoas produzindo e usando Biochar? Onde e como?
Em quais culturas agrícolas?

Em vários países da Europa, nos Estados Unidos, na China e no Japão já existe produção comercial de Biochar. Porém, mesmo nesses países, a produção ainda é muito localizada e existe um grande potencial de crescimento de mercado.

No Brasil, além da NetZero, ainda não há produção comercial de Biochar em escala. A NetZero é a maior empresa do mundo de produção de Biochar a partir de resíduos agrícolas, e nenhuma outra empresa está produzindo Biochar em escala no mundo com este propósito.

Por que o Biochar é mais eficaz do que a compostagem?

Em estudos realizados por Antonangelo et al. (2021) relatam que, o Biochar é mais eficaz do que a compostagem devido a vários aspectos, dentre eles podemos citar:

I) o processo produtivo do Biochar permite fazer um aproveitamento energético usando os gases gerados na pirólise;

II) o produto gerado (Biochar) tem o carbono muito mais estável do que o composto;

III) durante a compostagem há emissão significativa de gases de efeito estufa, cuja emissão é de difícil controle, o que não ocorre no processo de produção do Biochar;

IV) na compostagem há uma grande demanda de água ao contrário do processo de produção do Biochar;

V) há menor necessidade de espaço físico (área) para a produção do Biochar em comparação com a compostagem;

VI) na compostagem pode haver produção significativa de chorume com potencial poluidor de solo e água, o que não ocorre no processo de produção do Biochar.

Além disso, o composto deve ser reaplicado com frequência devido à sua relativamente rápida decomposição no solo. Por outro lado, o Biochar tem efeito duradouro no solo por ter a fração de carbono altamente estável.

Por que você não precisa aplicar Biochar novamente após a primeira aplicação, e por quanto tempo o impacto será sustentado em termos de benefícios de solo/fertilização?

A estratégia de aplicação de Biochar deve ser feita de forma a otimizar o tempo e os recursos disponíveis, buscando principalmente uma sinergia dentro do sistema produtivo. Por exemplo, havendo disponibilidade suficiente de Biochar, pode-se optar pela aplicação de doses variando geralmente entre 5-10 t/ha com intervalo de vários anos entre as aplicações.

Numerosos trabalhos reportam aumento na produtividade das culturas por vários anos após uma única aplicação de Biochar, quando associado com a aplicação de fertilizantes (YE et al., 2020). Adicionalmente, reitera-se que o Biochar permanece estável no solo por centenas de anos, e que os efeitos agronômicos podem perdurar por muito tempo. Veja o exemplo da “Terra Preta” amazônica, que até hoje depois de centenas de anos produz efeitos positivos sobre a qualidade dos solos onde é encontrada.

Biochar é a mesma coisa que carvão vegetal?

Não, o Biochar é um composto rico em carbono em uma forma muito mais estável que o carvão vegetal, e pode ser produzido a partir de uma ampla variedade de resíduos orgânicos, cuja finalidade é o uso agrícola ou ambiental e tem como propósito o sequestro de carbono e a melhoria da saúde do solo. Já o carvão vegetal é normalmente produzido a partir de madeira, com parâmetros de produção diferentes do Biochar, sendo usado quase que exclusivamente para geração de energia. Portanto, são coisas diferentes e, por isso, recebem uma denominação distinta.

Será possível pela NetZero a utilização dos resíduos de destoca e poda das árvores de café também para produzir o Biochar?

Teoricamente sim, será possível utilizar os resíduos de destoca e poda para produção de Biochar, desde que eles estejam nas condições físicas necessárias para ser utilizado, principalmente no que diz respeito à granulometria e teor de umidade. A NetZero já iniciou os testes de coleta e pré-processamento deste material para utilizá-lo na pirólise, junto com os resíduos de casca de café, e espera-se que seja comprovada a capacidade de utilização deste material muito em breve.

REFERÊNCIAS

ANTONANGELO, J. A.; SUN, X.; ZHANG, H. The roles of co-composted Biochar (COMBI) in improving soil quality, crop productivity, and toxic metal amelioration. Journal of Environmental Management, v. 277, p. 111443, 1 jan. 2021.

BAHRUN, A. et al. Effect of Different Types of Biochar on Growth of Cocoa Seedlings (Theobroma cacao L.). Asian Journal of Crop Science, v. 12, n. 1, p. 12–18, 15 dez. 2019.

BAI, S. H. et al. Combined effects of Biochar and fertilizer applications on yield: A review and meta-analysis. Science of the Total EnvironmentElsevier B.V., , 20 fev. 2022.

JEFFERY, S. et al. A quantitative review of the effects of Biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 144, n. 1, p. 175–187, 1 nov. 2011.

JEFFERY, S. et al. Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. Environmental Research LettersInstitute of Physics Publishing, , 25 abr. 2017.

JIA, Y. et al. Study of the effect of pyrolysis temperature on the Cd2+ adsorption characteristics of Biochar. Applied Sciences (Switzerland), v. 8, n. 7, 22 jun. 2018.

JOSEPH, S. et al. How Biochar works, and when it doesn’t: A review of mechanisms

controlling soil and plant responses to Biochar. GCB BioenergyJohn Wiley and Sons Inc, , 1 nov. 2021.

KIGGUNDU, N.; SITTAMUKYOTO, J. Pryloysis of Coffee Husks for Biochar Production. Journal of Environmental Protection, v. 10, n. 12, p. 1553–1564, 2019.

LEHMANN, J. et al. Biochar in climate change mitigation. Nature GeoscienceNature Research, , 1 dez. 2021.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management: science, technology and implementation. 2a ed. [s.l.] Routledge, 2015.

MELO, L. C. A. et al. Biochar-based fertilizer effects on crop productivity: a meta-analysis. Plant and SoilSpringer Science and Business Media Deutschland GmbH, , 1 mar. 2022.

RAFIQ, M. K. et al. Biochar amendment improves alpine meadows growth and soil health in Tibetan plateau over a three year period. Science of The Total Environment, v. 717, p. 135296, 15 maio 2020.

ROGERS, P. M. et al. Effects of Biochar on Soil Fertility and Crop Yields: Experience from the Southern Highlands of Tanzania. Tanzania Journal of Science, v. 48, n. 2, p. 256–267, 17 jun. 2022.

SANCHEZ-REINOSO, A. D.; LOMBARDINI, L.; RESTREPO-DÍAZ, H. Physiological behaviour and nutritional status of coffee (Coffea arabica L. var. Castillo) trees in response to Biochar application. Journal of Agricultural Science, v. 160, n. 3–4, p. 220–234, 29 jun. 2022.

SHRESTHA, R. K. et al. Biochar as a negative emission technology: A synthesis of field research on greenhouse gas emissions. Journal of Environmental Quality, 5 maio 2023.

TEIXEIRA, W. G. et al. As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. 1a ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. v. 1

YE, L. et al. Biochar effects on crop yields with and without fertilizer: A meta-analysis of field studies using separate controls. Soil Use and ManagementBlackwell Publishing Ltd, , 1 jan. 2020.

net
zero

www.netzero.green