

Aproveitamento do resíduo da borra de café em substituição à solução nutriente para cultivo de alface hidropônica

Use of the residue of coffee grounds to replace the nutrient solution for growing hydroponic lettuce

Lívia Santos Dorigo¹, Alexandre Saron²

¹Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário Senac

²Professor e Pesquisador do Centro Universitário Senac

(livia.dorigo@hotmail.com; alexandre.saron@sp.senac.br)

Resumo. No intuito de observar como se comporta a borra de café como solução nutriente, este estudo verificou o efeito da adição deste material no cultivo de alface hidropônica. A fim de diminuir a geração de resíduos, estudos são necessários para novas destinações desses materiais, evitando que consequências negativas ao meio ambiente possam ocorrer. Segundo pesquisas da Embrapa (2015), o café é uma das bebidas mais consumidas no mundo todo, gerando o descarte de uma grande quantidade de resíduo (borra). Desta forma, o objetivo dessa pesquisa foi encontrar uma nova destinação a esse material, usando-o como solução nutriente para a germinação de hortaliças. A metodologia usada foi qualitativa através de testes em hidroponia com diferentes quantidades de borra em água para verificar a mais eficiente, usando como matriz de estudo a alface lisa. Como etapa anterior ao projeto foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, assim como testes de ecotoxicidade preconizados pela USEPA e adaptados pela Cetesb, posteriormente foi montado o sistema hidropônico e plantadas as mudas. Foi analisada a variação de percentual de quantidade de borra de café e associado ao crescimento das mudas pelo tamanho e quantidade de folhas, comparando-as com teste branco, indicando que as menores concentrações são mais eficazes no desenvolvimento, mas ainda sim são necessários novos testes. O intuito é que essa pesquisa tenha continuidade até que se encontre a solução ideal, à base da borra de café, substituindo em 100% a solução química de hidroponia.

Palavras-chave: Borra de café; hidroponia; alface.

Abstract. In order to observe the coffee grounds as nutrient solution, this study has verified the same in the cultivation of hydroponic lettuce. In order to reduce the generation of residues studies are needed for new destinations of these materials, preventing negative consequences to the environment can occur. According to Embrapa Research (2015), coffee is one of the most consumed beverages worldwide, generating the disposal of a large amount of waste (sludge). The methodology used was qualitatively through tests in hydroponics with different amounts of sludge in water to check the most efficient, using array of lettuce study lisa. The previous step to the project was conducted on bibliographical research on the topic, as well as tests of ecotoxicity advocated by the USEPA, adapted by Cetesb, It was later mounted the hydroponic system and planted seedlings. It was analyzed the variation in the percentage of coffee grounds and associated with the growth of seedlings by size and quantity of leaves and compares them with white test, indicating that the lowest concentrations are more effective in the development, but are still required new tests. The intent is that this research has continued until the ideal solution, to the base of the coffee grounds, replacing in 100% chemical solution of hydroponics.

Key words: Coffee grounds; hydroponics; lettuce.

InterfacEHS - Revista de Saúde, Meio ambiente e Sustentabilidade
Vol. 14 no. 2 - Dezembro de 2019, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: Interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional 

1. Introdução

Para o desenvolvimento de um mundo mais sustentável é necessário adotar novas práticas e atitudes. Atualmente, a ideia dos 3 "Rs" (reduzir, reciclar e reutilizar) tem contribuído nesse desenvolvimento. A geração mundial de resíduos é uma grande preocupação entre vários estudiosos, pois sem a correta destinação e o tratamento adequado estes podem acabar apresentando riscos ao meio ambiente. Assim, a procura de novas destinações para materiais, ora designados como inservíveis, é de grande importância.

O uso de materiais orgânicos como adubo ou como condicionador do solo é uma importante alternativa ambiental para uma agricultura sustentável (DANTAS, 2011), mas que ainda necessitam de pesquisas para aperfeiçoamento. O reaproveitamento de resíduos agrega um valor econômico para os produtos, subprodutos e resíduos dos processos produtivos, diminuindo os impactos ao meio ambiente, estimulando a não geração de resíduos e o reaproveitamento destes (CABRAL; MORIS, 2010), sendo assim um incentivo para o seu uso.

Segundo pesquisas coordenadas pela Embrapa Café (EMBRAPA – Empresa Brasileira de Agropecuária, 2015), o café é uma das bebidas mais consumidas em todas as classes sociais. No Brasil há cerca de 13 mil estabelecimentos que comercializam café premium, de acordo com a ABIC (2018a), este número não considera bares e lanchonetes que também comercializam café expresso. A área de pesquisas da ABIC, em 2018b, também publicou que houve um crescimento de 4,8% no período de novembro de 2017 a outubro de 2018, em relação ao mesmo período dos anos anteriores, novembro de 2016 a outubro de 2017, e esse aumento elevou o consumo per capita para 6,02 kg/ano de café cru e 4,82 kg/ano de café torrado e moído, mantendo Brasil como o segundo maior consumidor de café do mundo.

Para cada xícara de café expresso retirado em máquinas instaladas em lojas de cafeterias, bares e lanchonetes há o consumo de cerca de 7g de café torrado moído. Estimando que pelo menos 50% da população da Região Metropolitana de São Paulo (10 milhões de pessoas) tomam 2 cafés por dia, são geradas cerca de 140 toneladas de borra de café por dia. Para a Prefeitura de São Paulo este valor não é expressivo diante das 20 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) geradas por dia (Prefeitura de São Paulo, 2019), sendo 12 milhões toneladas/dia apenas de resíduos domiciliares, onde os resíduos provenientes do consumo de café são provenientes majoritariamente, e possivelmente por essa razão, não é dada a atenção devida para este resíduo, a borra do café, que após a sua serventia são destinados juntos com os demais resíduos sólidos urbanos do município.

Segundo Bonila Hermosa (2014), no processo de preparação da bebida é gerado um resíduo conhecido como borra de café, que contém altas concentrações de açúcares, matéria orgânica, compostos orgânicos e inorgânicos. A reutilização dos resíduos gerados pelo café na agricultura tem sido uma das prioridades dos países produtores, por razões que envolvem principalmente economia e de uma agricultura autossustentável (OLIVEIRA; COSTA, 2014).

A borra de café tem sido um transtorno ambiental para as indústrias produtoras de café solúvel, que para elas é um produto não aproveitável, servindo apenas para descarte ou queima (OLIVEIRA et al, 2011). A borra de café doméstica ou industrial é um resíduo que pode ser reaproveitado como composto orgânico ou substrato para produção de mudas, diminuindo o impacto ambiental gerado pelo seu descarte, sendo utilizada como adubo para plantações, para isso pode ser misturada diretamente no solo, úmida ou seca, segundo Viotto (1991). De acordo com Ferreira (2011), a borra é uma excelente fonte de nutrientes minerais.

Neste estudo, a borra de café foi utilizada para preparar uma solução nutritiva, que foi obtida através do contato da borra com a água. Como matriz do objeto de estudo foi escolhida a alface lisa (*Lactuca Sativa L.*) e como técnica de cultivo utilizada, a hidroponia, denominada por Ohse, Neto e Manfron (1998) de Nutrient Film Technique (NFT), que consiste em deixar as raízes do vegetal em contato com uma solução nutritiva para o seu desenvolvimento. A hidroponia ou NFT é uma técnica onde o solo é substituído por soluções nutritivas que contêm os nutrientes necessários para o desenvolvimento de uma planta. A técnica apresenta diversas vantagens, como o crescimento mais rápido que o modo de cultivo tradicional, como a melhor proteção da planta em relação ao ataque de pragas e doenças, a maior produtividade e possibilidade de cultivo fora de época, tendo um rápido retorno econômico (EMBRAPA, 2014). Segundo Ferreira (2011), a alface é a hortaliça mais cultivada em hidroponia por ter como características o crescimento rápido, atingindo em poucos meses a fase adulta, e por ser uma das espécies hortícolas com maior produção a nível mundial.

Por outro lado, muito consumidores reprovam e não optam pelo consumo de verduras obtidas através do cultivo hidropônico. Este fato é devido ao contato direto radicular com as soluções químicas que são a base da solução nutritiva utilizada, gerando um desconforto em relação ao consumo.

Aliou-se à escolha desta matriz, a alface, os ensaios de ecotoxicidade desenvolvidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA e adaptados segundo a Cetesb (2015).

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi pesquisar concentrações de soluções aquosas para o cultivo de alface hidropônica, utilizando o resíduo orgânico, borra de café, como nutriente principal, caracterizando-a, verificando e avaliando os desenvolvimentos das mudas com diferentes concentrações de borra em água, a fim de dar uma nova destinação de maneira mais sustentável, para esse resíduo com o intuito de substituir em 100% a solução hidropônica química convencional normalmente utilizada neste processo de produção.

3. Metodologia

Para o desenvolvimento do estudo foi necessário inicialmente montar o sistema NFT e preparar as soluções com a borra de café e água. A borra de café utilizada para preparo das soluções nutritivas foi retirada da praça de alimentação do Centro Universitário Senac São Paulo. Esta borra que seria descartada como resíduo sólido urbano foi utilizada no estudo a fim de se obter a melhor concentração, através da germinação de sementes no estudo de ecotoxicidade, metodologia esta que avalia qual a concentração máxima de borra de café em solução poderia produzir o efeito inibitório da germinação de sementes, tendo como referencial a solução de 1% de hipoclorito de sódio, e posteriormente utilizada nos ensaios pilotos.

A partir dos resultados deste ensaio técnico científico de bancada foram obtidas as concentrações de borras de café utilizadas no estudo piloto.

Neste estudo, entre outros diagnósticos, foi comparado o desenvolvimento das folhas de alface obtidas com uma solução padrão química de nutrientes para o sistema hidropônico, com o desenvolvimento em soluções com concentrações diferenciadas de borras de café, considerando tamanho e coloração.

Após a coleta do resíduo (borra), este foi seco em uma estufa no laboratório do centro universitário, a 105°C durante 24h, para o seu posterior uso, a fim de eliminar possíveis patógenos.

As concentrações de borra de café, em gramas por litro, trabalhadas no estudo foram baseadas nas pesquisas de FERREIRA (2011) em substrato comum, que constatou que em relação à borra de café fresca, esta deve ser aplicada em doses baixas (2,5% ou 5%, v/v).

Ensaio de Ecotoxicidade

O ensaio de ecotoxicidade consiste na avaliação da germinação de sementes de alface e pepino após um período de 5 dias consecutivos.

O teste padrão utiliza uma solução como referência inibidora, o hipoclorito de sódio (NaClO 1%v/v), água de torneira como referência de desenvolvimento e as soluções em estudo, neste caso as concentrações diferenciadas contendo borra de café. As quantidades inicialmente testadas foram de 1% (10g.L⁻¹ de água), 2,5% (25 g.L⁻¹ de água) e 5% (50 g.L⁻¹ de água), conforme a literatura, e posteriormente foram realizados dois testes com as concentrações de 0,25% (0,25 g.L⁻¹ de água), 0,5% (0,5 g.L⁻¹ de água) e 1% (10 g.L⁻¹ de água).

Para a germinação das sementes de alface, foram colocadas 10 sementes em placas de petri contendo papel de filtro. Em cada placa foram adicionados 5 mL de solução e em seguida estocadas por 5 dias em local sem iluminação para germinação. Após este período, as raízes de cada uma das placas foram medidas para efetuar o cálculo de inibição. A figura 01 ilustra parte de um dos testes de ecotoxicidade realizados, este com apenas sementes de alface, mais à direita da imagem é possível perceber a germinação das sementes.

Figura 1 - Teste de ecotoxicidade com germinação de sementes.



Ensaio piloto – Desenvolvimento do estudo com sistema NFT

No sistema NFT, além das soluções preparadas do contato de café e água, como referência utilizou-se uma solução nutriente convencional de hidroponia, que constituiu de 75 g de Nitrato de Cálcio; 50 g de Nitrato de Potássio; 15 g de fosfato monoamônio (MAP); 40 g de Sulfato de Magnésio para cada 100 litros de solução.

O sistema foi confeccionado com tubulações de PVC, onde foi construído um suporte único e apoiadas tubulações com diâmetro maior, uma para cada tipo de solução, configurando no sistema total.

Cada uma das tubulações de maior diâmetro possui cinco furos com 7 cm de diâmetro cada para encaixar os suportes com as mudas e acompanhar o seu crescimento. As mudas foram colocadas em copos plásticos de 200mL, onde foi feito um corte para que as raízes ficassem em contato com as soluções. Acoplou-se em cada um dos canais de cultivo mangueiras como meio de transporte das soluções nutrientes em teste para que essas

circulassem pelas tubulações. Foram utilizadas bombas de aquário submersas para o transporte. Cada solução foi preparada em 20 litros de água. A borra de café foi colocada em filtros de pano, comumente utilizados para fazer café, e mergulhados na água.

O canal superior foi utilizado como branco ou referência, a solução utilizada foi a tradicional de cultivo hidropônico para hortaliças, como já foi dito, nos outros três canais passaram as soluções nutrientes diferentes que foram preparadas com concentrações distintas de borras de café. Os quatro canais foram operacionalizados com o mesmo tempo de recirculação das soluções nutrientes, devido a um temporizador que reiniciava a circulação a cada hora, bem como as condições climáticas, que foram idênticas, para possibilitar comparações estatísticas do estudo prático.

Os experimentos (cultivos) foram conduzidos na área externa, mais precisamente a estufa do campus, e os preparos das soluções nutrientes e análises químicas e físico-químicas ocorreram no laboratório de Química Ambiental do Centro Universitário Senac Santo Amaro. A figura 02 apresenta o ensaio piloto realizado e a estrutura montada, nesta figura o cultivo já estava ocorrendo há 15 dias.

Figura 02 - Sistema NFT montado e no tempo de 15 dias em operação.



Solução Nutriente: Produtos químicos
Solução Nutriente: 5% de borra de café
Solução Nutriente: 2,5% de borra de café
Solução Nutriente: 1% de borra de café

As soluções nutrientes preparadas foram monitoradas em média três vezes por semana, onde foram analisados o pH, condutividade elétrica, quantidade de sólidos totais dissolvidos (STD) e teor de carbono total, orgânico e inorgânico de cada amostra.

Para a análise do pH utilizou-se o método padrão de análise, o equipamento utilizado foi phmetro QUIMIS 400A, para medir a condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos foi utilizado o condutímetro Gehaka CG2200, as análises dos teores de carbono (TOC) foram realizadas no equipamento Sievers InnovOx (Laboratory TOC Analyser) - GE. O intuito do monitoramento foi de verificar a variação de cada parâmetro para posteriormente comparar com a solução de referência e a literatura.

Ensaio realizados em NFT

Foram realizados 3 ensaios, o primeiro baseado na literatura e no ensaio piloto, a partir destes concluiu-se que seria interessante testar concentrações de 1%, 2,5% e 5%. Com o sistema montado, o cultivo começou dia oito de setembro de 2016, com as concentrações citadas e a referência (solução convencional de hidroponia).

No segundo ensaio foram testadas as concentrações de 0,25%, 0,5% e 1%, visto que após análises, as concentrações testadas no ensaio anterior não apresentaram bons resultados, o teste iniciou no dia sete de outubro de 2016, tendo também 15 (quinze) dias de duração. Devido a problemas na estrutura do sistema NFT, que geraram vazamentos e diferenças na distribuição da solução através das tubulações, decidiu-se então realizar um terceiro teste com as mesmas concentrações do segundo ensaio. Este ensaio iniciou dia 01 (um) de novembro e terminou dia 23 de novembro.

4.Resultados e Discussões

Neste tópico serão evidenciados e discutidos os resultados dos 3 ensaios e das análises de pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD) e teor de carbono (TOC) realizadas. A figura 03 representa o segundo ensaio realizado, onde foram testadas as concentrações de 0,25%, 0,5% e 1%, a tubulação superior contém as mudas utilizadas como referência para o teste.

Figura 03 - Sistema NFT montado para o segundo ensaio



Solução Nutriente: Produtos químicos
Solução Nutriente: 0,25% de borra de café
Solução Nutriente: 0,5% de borra de café
Solução Nutriente: 1% de borra de café

Primeiro Ensaio

Os resultados do ensaio de ecotoxicidade, que foram baseadas nas pesquisas de Ferreira (2011) indicaram que as concentrações trabalhadas nesse ensaio (1%, 2,5% e 5%) atenderiam o desenvolvimento das mudas de alface. A tabela 01 ilustra os resultados obtidos no ensaio.

Tabela 1 – Resultados da inibição, em porcentagem, da germinação de sementes do primeiro ensaio

Inibição					
Sementes	Água	Hipoclorito de Sódio	Amostra 1%	Amostra 2,5%	Amostra 5%
Alface	-	100%	19,58%	-15,87%	32,8%
Pepino	-	100%	32,23%	30,17%	54,96%

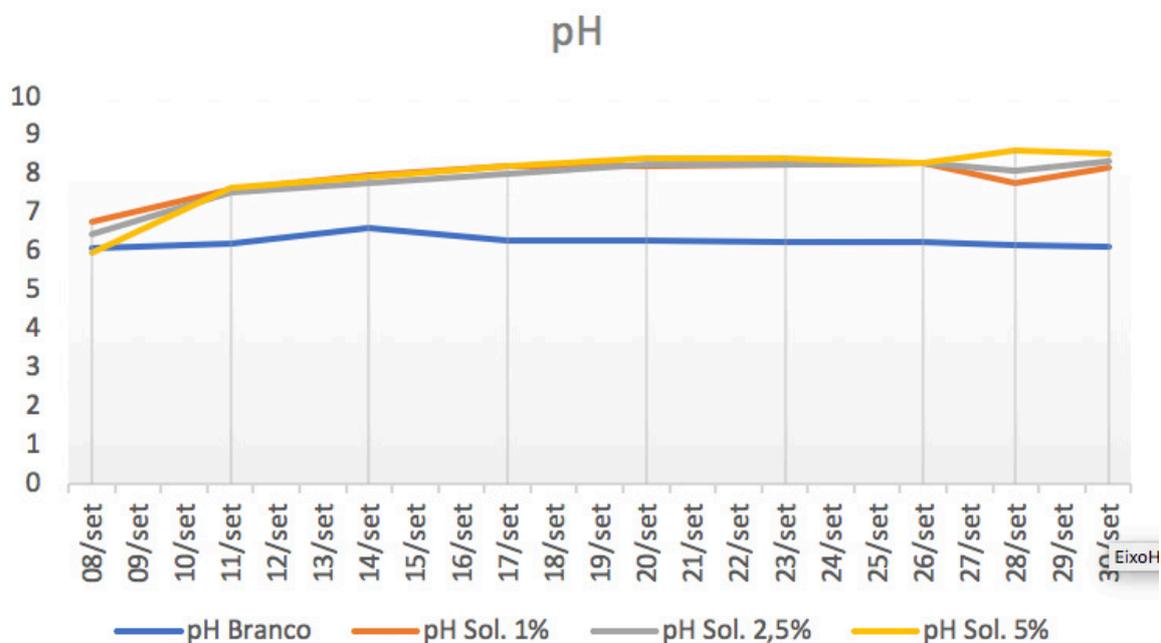
As sementes tiveram 100% de inibição frente à solução inibidora padrão do teste, constituída de hipoclorito de sódio, de acordo com a literatura e nas soluções contendo concentrações diferenciadas de borra de café, houve desenvolvimento.

Na amostra com 2,5% de borra de café, a indicação negativa nas sementes de alface, evidencia que houve germinação superior ao referencial (água), sugerindo que seria uma concentração adequada para a germinação, ou seja, a adição da borra de café contribuiu, nesse caso, para a germinação das sementes. No caso da amostra com 5% de borra de café, em ambas as sementes (alface e pepino), verificou-se maior porcentagem de inibição no desenvolvimento. Como houve germinação em todas as placas contendo as soluções à base de borra de café estas foram utilizadas para testes no sistema NFT montado.

Análises – Primeiro Ensaio

As análises laboratoriais foram realizadas em média três vezes por semana para que houvesse um acompanhamento do comportamento das mudas e das soluções. O pH é um fator que influencia na absorção de nutrientes pelas plantas, ou seja, quando o pH está muito elevado ou muito baixo, a planta não consegue absorver e se aproveitar totalmente dos nutrientes da solução, tornando seu crescimento mais devagar, com baixo rendimento e limitando o desenvolvimento. De acordo com Handley e Navarro (2013), o pH possui influência na disponibilidade de ferro, manganês, boro, zinco e cobre, nutrientes estes necessários para o desenvolvimento das plantas, o crescimento pode ser afetado quando o pH é superior a 7,0. A figura 4 mostra a variação do pH entre os dias 08 e 30 de setembro de 2016, que foi a última verificação.

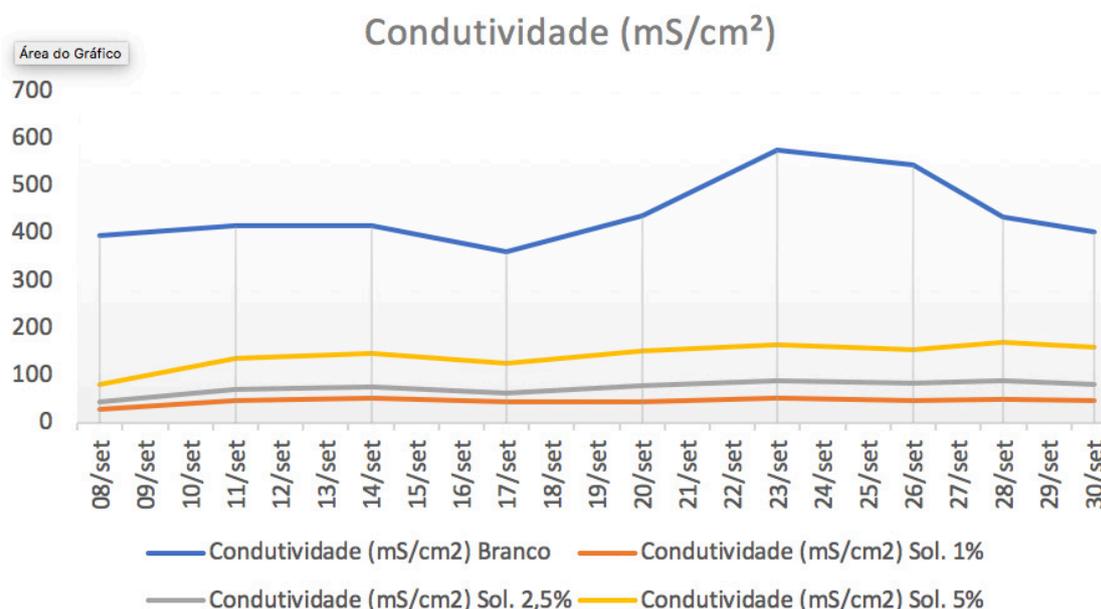
Figura 4: Comparação pH das soluções no primeiro ensaio



Pode-se observar na figura 4 que o pH das amostras aumentou com o passar do tempo, ou seja, se tornou mais básico, no caso das soluções com a borra, o que afetou o desenvolvimento e crescimento, conforme afirmaram Handley e Navarro (2013). Esse aumento também pode ser justificado pela variação de temperatura que as soluções foram submetidas, que facilitaram a liberação de substâncias da borra de café em água.

Outro fator também analisado foi a condutividade elétrica (CE), para Verdonck, Vleeschauer e Boodt (1981), avaliar a condutividade elétrica é avaliar, de maneira indireta, o teor de nutrientes presentes na solução nutritiva que está sendo utilizada, pois quanto maior a concentração de nutrientes, maior será a capacidade da solução nutritiva de conduzir corrente elétrica (STAFF, 1988). Segundo Faquim e Furlani (1999), para o cultivo de alface em NFT, é recomendada que a condutividade seja mantida entre 1,2 mS cm⁻¹ e 1,5 mS cm⁻¹. A figura 5 ilustra a evolução das condutividades no período do teste piloto.

Figura 5: Comparação condutividade elétrica das soluções no primeiro ensaio

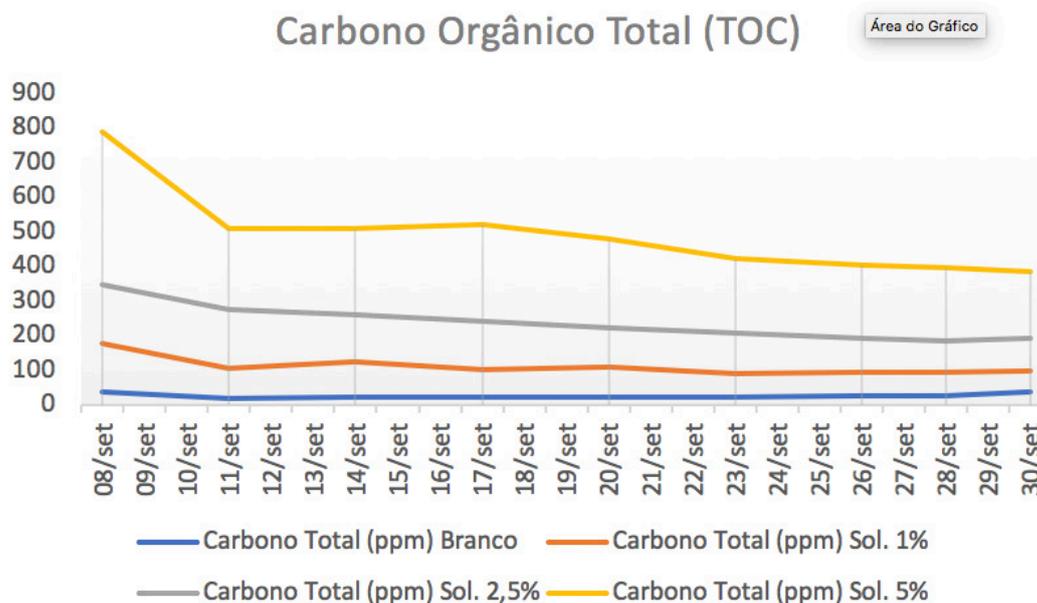


O diagnóstico da condução do estudo piloto obteve resultados muito acima dos indicados por Faquim e Furlani (1999), como pode-se observar na figura 05, apesar desse fator houve o desenvolvimento da alface, mesmo que prejudicado, não sendo o fator de inibição do processo. Conforme Junior et al. (2008), existe muita controvérsia sobre qual o melhor valor a ser adotado e que estes valores também podem variar de acordo com as condições climáticas do local e o tipo de hortaliça cultivada.

Quando se trata de amostras aquosas são consideradas apenas as quantidades de carbonos orgânicos e inorgânicos, onde a soma se denomina carbono total (BENEDETTI, 2012). O carbono orgânico total (TOC) indica a quantidade de carbono orgânico existente na amostra e que estaria disponível para a captação pela planta através de suas raízes.

No caso das soluções contendo borra de café em proporções distintas e se comparadas com o branco (referência), pode-se observar na figura 6, que o TOC apresentou quantidades bastante diferentes umas das outras. O branco (referência), por ser uma solução contendo grande quantidade de sais, não possuindo quantidade considerável de carbono orgânico, manteve suas quantidades de carbono em equilíbrio durante todo o experimento. A figura 6 ilustra como foi o consumo do teor de carbono orgânico pelas mudas.

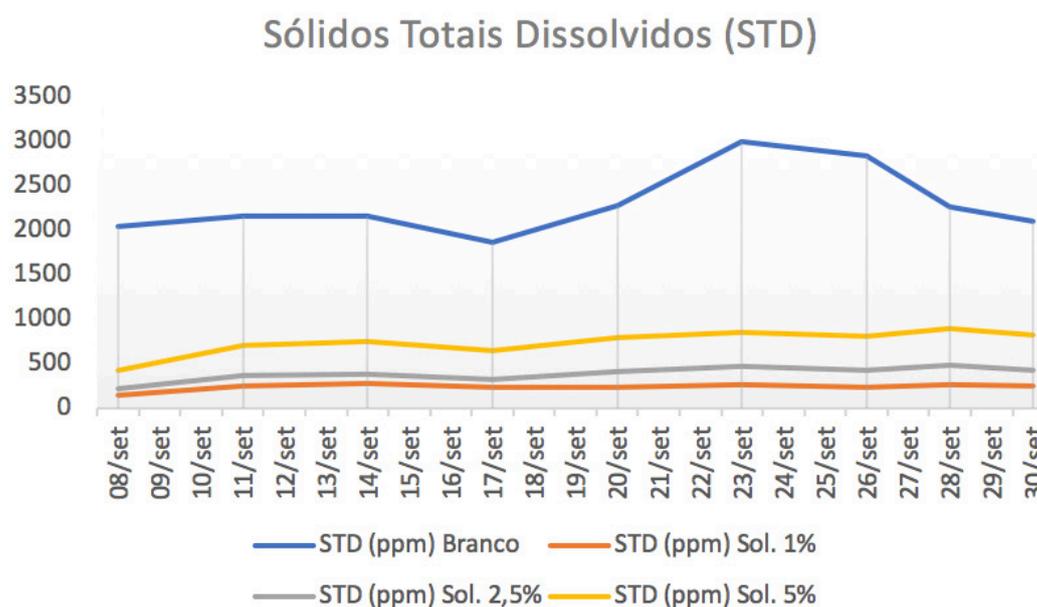
Figura 6: Comparação TOC durante o primeiro ensaio



A redução do TOC ocorreu de maneira mais significativa nas amostras com a solução café e água, onde o maior índice de consumo foi da maior concentração (5%). Todas as amostras reduziram à metade, ou quase metade, sua quantidade inicial de carbono orgânico total, indicando que o consumo pelas mudas de alface foi elevado. Nas soluções com borra de café, o carbono orgânico foi mais absorvido pelas raízes por contribuir substancialmente para o desenvolvimento das folhas, sendo, desta maneira, preferidos pelas raízes.

A quantidade de sólidos indica o total de constituintes minerais na água e as substâncias orgânicas e inorgânicas presentes numa amostra. É também dada na unidade ppm. Os resultados estão apresentados no gráfico da figura 07.

Figura 6: Comparação TOC durante o primeiro ensaio



Como indica a figura 7, a quantidade de sólidos foi sempre maior nas amostras de referência (branco), pelo fato de possuir grande quantidade de minerais. Quanto as amostras com borra de café, as quantidades se mantiveram estáveis, sendo menor que o branco, possuindo, ainda sim, quantidades significativas. Isso pode ser explicado pelo fato de a borra de café dissolver em água, mesmo que esta estivesse em filtro de pano, algumas partículas podem acabar passando pelos poros do filtro e sendo detectadas através das análises.

Após o período de 22 dias corridos de ensaio piloto, cada muda foi avaliada quanto a quantidade de folhas e o tamanho de cada, obtendo os resultados apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Média do tamanho das mudas.

Ensaio: 01	Tipo de Amostra				
	Mudas	BRANCO	Amostra 1%	Amostra 2,5%	Amostra 5%
Média (cm)		29,7	15,9	13,2	8,1
Inibição (%)		-	46,46	55,56	72,73

Como pode-se observar na tabela 2, as amostras com concentração 1%, em comparação com as demais soluções com borra, foram as que obtiveram a maior média de crescimento e menor taxa de inibição, o número de folhas desenvolvidas foi de 7 por muda. Quanto as mudas desenvolvidas em solução de 2,5%, o desenvolvimento de folhas por muda foi superior, chegando a 8 folhas, com média de crescimento de 13,2 cm, as mudas que desenvolveram sob a concentração de 5%, possuíam apenas o desenvolvimento de 4 folhas por muda, sendo que apenas 4 das 5 mudas cultivadas desenvolveram.

As mudas desenvolvidas com a solução padrão de hidroponia desenvolveram em média 10 folhas por muda, com crescimento de 29,7 cm, sendo quase o dobro da maior amostra com solução nutriente feita a base do contado da borra de café e água, a amostra de 1%, que foi de 15,9 cm. A tabela 2 também apresenta as taxas de inibição, onde a amostra com maior concentração (5%) foi a que apresentou maior inibição: 72,73%. Na figura 08 é possível avaliar visualmente o desenvolvimento das mudas.

Figura 08: Foto comparativa das mudas no primeiro ensaio.



Analisando a figura 08, verifica-se a diferença das mudas colhidas após o período de 22 dias, tanto em relação a coloração, quanto a quantidade de folhas, sendo as cultivadas usando as concentrações a base de borra de café com cores mais próximas ao amarelo, podendo indicar deficiência em relação aos nutrientes necessários para o desenvolvimento saudável de uma planta.

Segundo Ensaio

Após o primeiro ensaio verificou-se que altas concentrações de borra de café não produziram bons resultados, como foram mostrados no ensaio ecotoxicológico, decidiu-se então, testar concentrações menores: 0,25%, 0,5% e 1%. A tabela 3 mostra os resultados do segundo teste de ecotoxicidade realizado. Nesse ensaio foram usados três tipos de soluções como padrão, a água de torneira, a água de um dos bebedouros do centro universitário e a água destilada.

Tabela 3 - Cálculo de inibição, em porcentagem, de germinação de sementes do segundo teste

Porcentagem de inibição					
Sementes	Água	Hipoclorito de Sódio	Amostra 0,25%	Amostra 0,5%	Amostra 1%
Alface (torneira)	-	24,73	10,75	-59,14	-56,77
Alface (bebedouro)	-	2,78	-15,28	-105,56	-102,5
Alface (destilada)	-	-42,14	-96,08	-144,01	-290,2

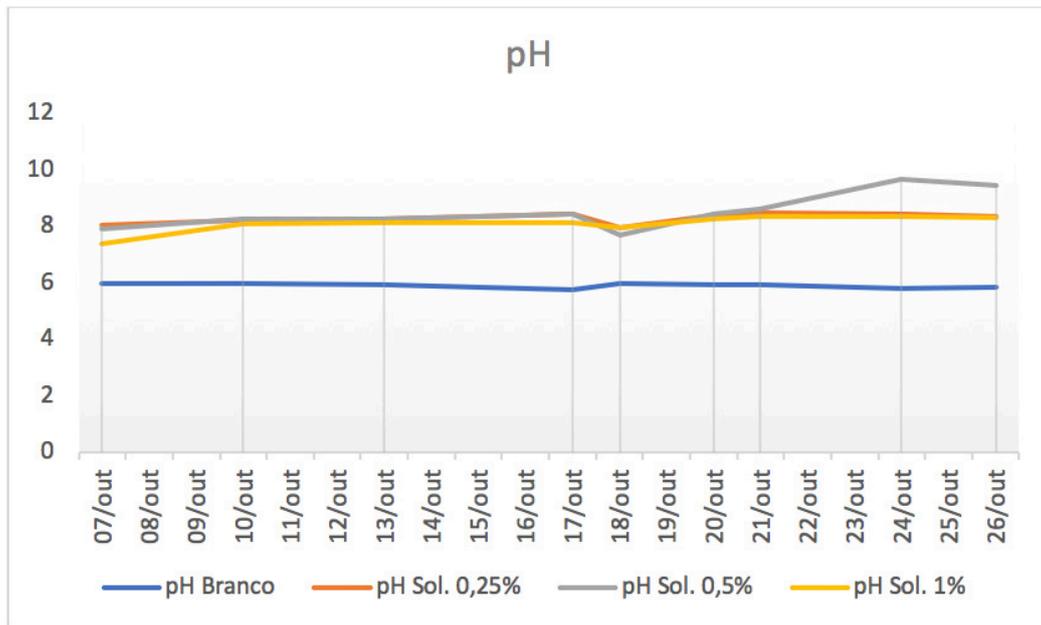
A partir da tabela 3 é possível observar que houve crescimento diante ao hipoclorito de sódio, diferentemente do primeiro teste, pode-se ligar esse fato, a algum erro no preparo da solução ou anomalia e adaptação das sementes, novos testes devem ser realizados para verificar o ocorrido. As amostras que apresentaram menor desenvolvimento foram as com água destilada, onde a média de crescimento foi de 0,51 cm, enquanto a com água da torneira e do bebedouro possuíam média de crescimento de 0,8 cm. As amostras com concentração de 0,25% apresentaram maior germinação em relação ao referencial: água destilada, dado que o sinal negativo indica germinação superior ao referencial, sendo o dobro da média de crescimento, chegando a 1,0 cm. Quanto as amostras de 0,5%, o valor da taxa de inibição foi maior que o dobro do tamanho do referencial, enquanto a amostra de 1% chegou a ser quase três vezes maior. Esses dados indicaram que todas as amostras desenvolveram de maneira muito superior às amostras de controle, decidiu-se então dar continuidade aos ensaios com essas concentrações.

Análises – Segundo Ensaio

Após os resultados satisfatórios obtidos nos ensaios ecotoxicológicos, foram cultivadas novas mudas com as concentrações de 0,25%, 0,5% e 1% de borra de café em água, e realizadas as mesmas análises do primeiro ensaio.

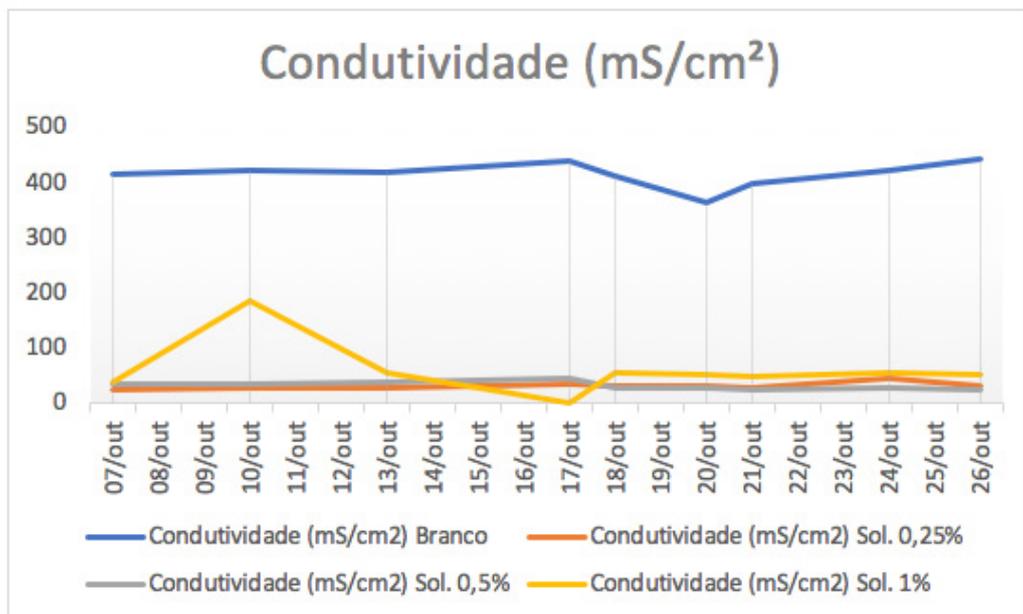
Quanto ao pH dessas amostras, assim como as primeiras, acabaram se tornando mais básicas, e é importante destacar que as amostras já apresentaram pH em torno de 8 inicialmente, assim como indica a figura 09.

Figura 09- Comparação pH das soluções no segundo ensaio



No início das análises, as soluções a base de café, apresentaram pH parecidos, as variações posteriores podem ser explicadas por problemas de vazamento nas tubulações, onde, para manter a mesma quantidade de água e o funcionamento do sistema, foi necessário completar com uma quantidade de água para que o sistema funcionasse corretamente e sem prejuízos as bombas submersas. Esse fato pode ter contribuído para o baixo rendimento do cultivo ao final do teste, reforçando o que os autores Handley e Navarro (2013) discutiram sobre o pH elevado. Durante esse cultivo a temperatura se manteve bem elevada no local, o que também pode interferir na variação do pH das amostras. Também foi realizada a análise da condutividade das amostras (figura 10).

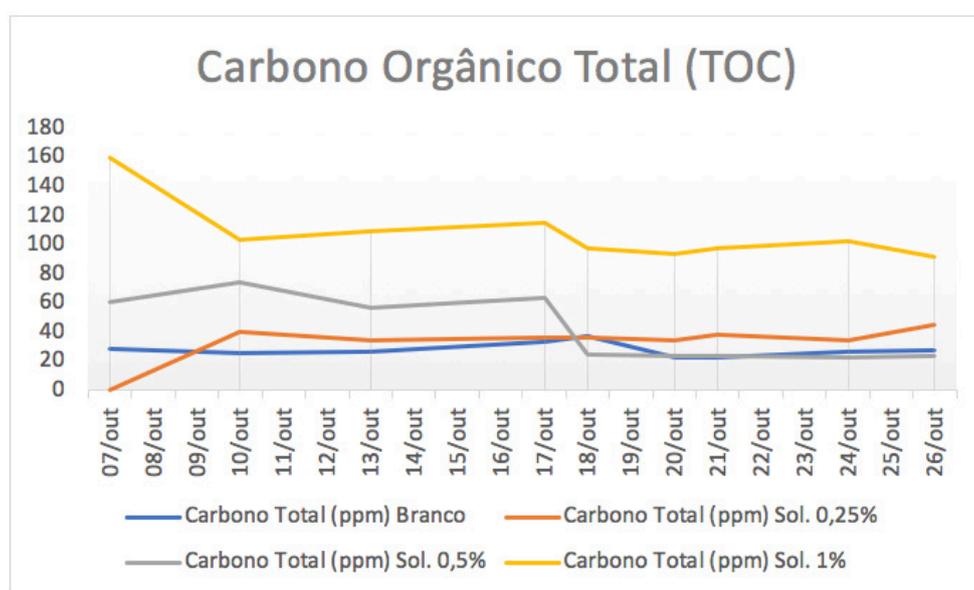
Figura 10 - Comparação condutividade das soluções no segundo ensaio



Em relação a condutividade elétrica, ao contrário do pH, as amostras obtiveram valores constantes da metade do período até o fim, assim como pode-se observar na figura 10, tendo a amostra de 1% um pico de variação entre os primeiros dias e o decaimento na metade do período até o fim. A solução de referência mantém seu valor superior, pois sua quantidade de íons é maior que nas demais, seguindo o padrão do primeiro ensaio. Como as concentrações diminuíram, comparadas ao primeiro ensaio, a condutividade também diminuiu, apresentando valores bem menores que as amostras testadas inicialmente.

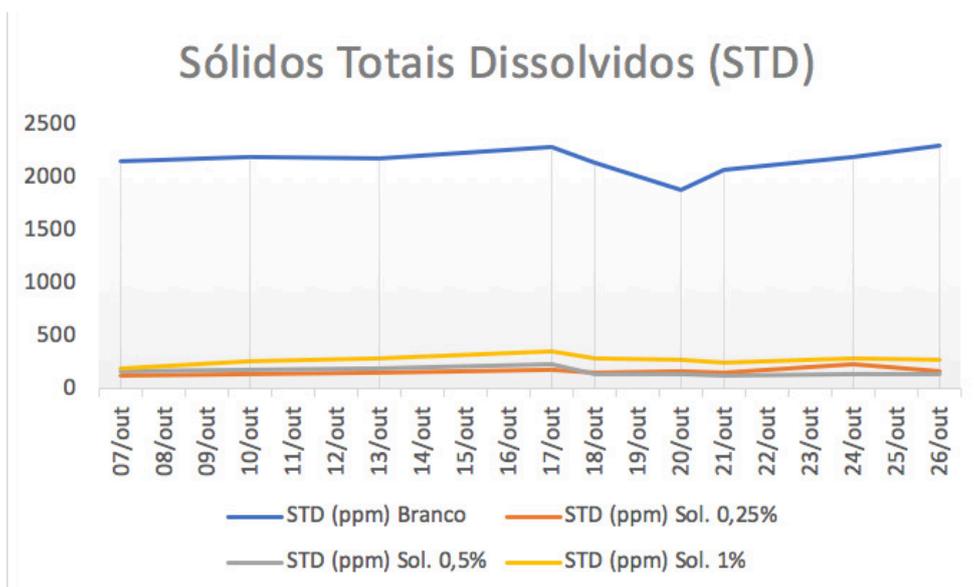
Para o teor de carbono orgânico da amostra esperava-se que os valores decrescessem, assim como no primeiro teste, indicando o consumo do carbono, o que não ocorreu em todos os momentos, a solução de 0,5% ilustra bem a situação, vide figura 11, tendo dois picos em sua reta. Assim como já foi citado, essa variação pode ser explicada pelo vazamento do sistema, onde as soluções sofreram ajustes que influenciaram nesses resultados.

Figura 11- Comparação TOC das soluções no segundo ensaio.



Finalmente, tratando do segundo teste, a última análise realizada foi a de sólidos totais dissolvidos (STD), os resultados são apresentados na figura 12.

Figura 12- Comparação STD das soluções no segundo ensaio.



Assim como na condutividade, a referência (branco) se manteve superior às soluções com concentrações de café, devido a sua grande quantidade de minerais nela inserida. Nessa análise as soluções se mantiveram estáveis quanto a quantidade de sólidos, sem grandes variações em seus valores, assim como mostra a figura 12.

Após 20 dias do cultivo, as mudas foram medidas e calculadas as médias de tamanhos de cada uma, os valores são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Média de crescimento no segundo ensaio.

Ensaio: 02	Tipo de Amostra			
	BRANCO	Amostra 0,25%	Amostra 0,5%	Amostra 1%
Mudas				
Média (cm)	22,2	18,7	11,1	14,4
Inibição (%)	-	15,77	50,0	35,14

Comparando com o primeiro teste, as amostras de 0,25% apresentaram maior crescimento de suas mudas, tendo em média 18,7 cm de crescimento, apesar dos contratemplos. Nas soluções de 0,5% e 1%, não houve o desenvolvimento de uma muda de cada, ou seja, das 5 mudas cultivadas apenas 4 desenvolveram, como se pode observar na figura 13. As alfaces que foram desenvolvidas em solução de hidroponia também estiveram defasadas quanto ao primeiro experimento, por conta das dificuldades já relatadas das condições climáticas e na estrutura do sistema.

Figura 13 - Foto comparativa das mudas no segundo ensaio

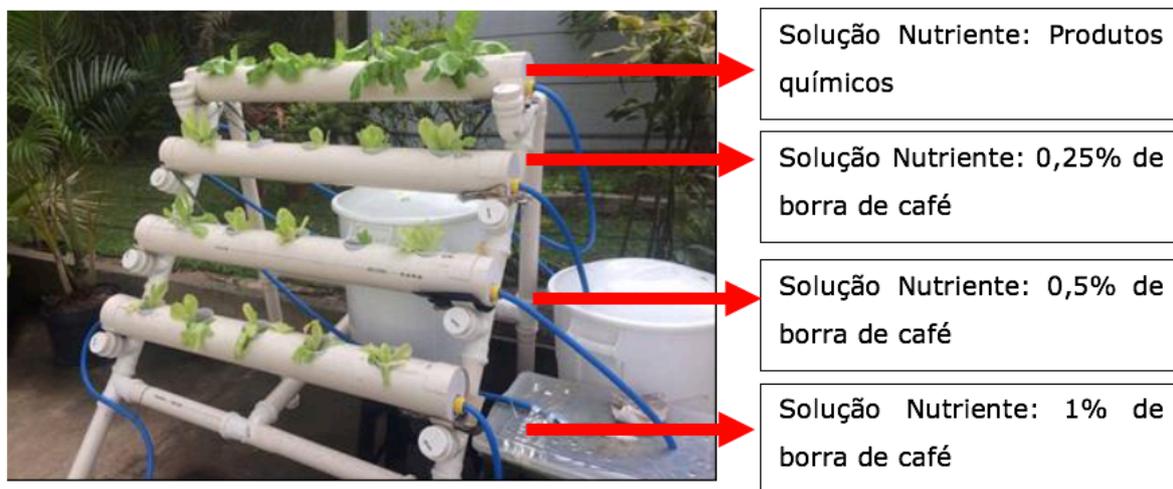


Com todos os problemas enfrentados decidiu-se então realizar mais um teste com as mesmas concentrações, pois todas as soluções, tanto as soluções a base de borra de café, quanto a de referência, obtiveram crescimento defasado em relação ao primeiro ensaio. No período do segundo teste a temperatura se manteve elevada, o que também pode ter sido fator importante de influência negativa sobre o sistema.

Terceiro Ensaio

Com o ensaio de ecotoxicidade tendo mostrado bom rendimento para as concentrações menores, e o segundo teste ter sido defasado em relação ao primeiro, deu-se início então ao terceiro ensaio, verificar figura 14.

Figura 14 - Sistema NFT montado para o terceiro ensaio

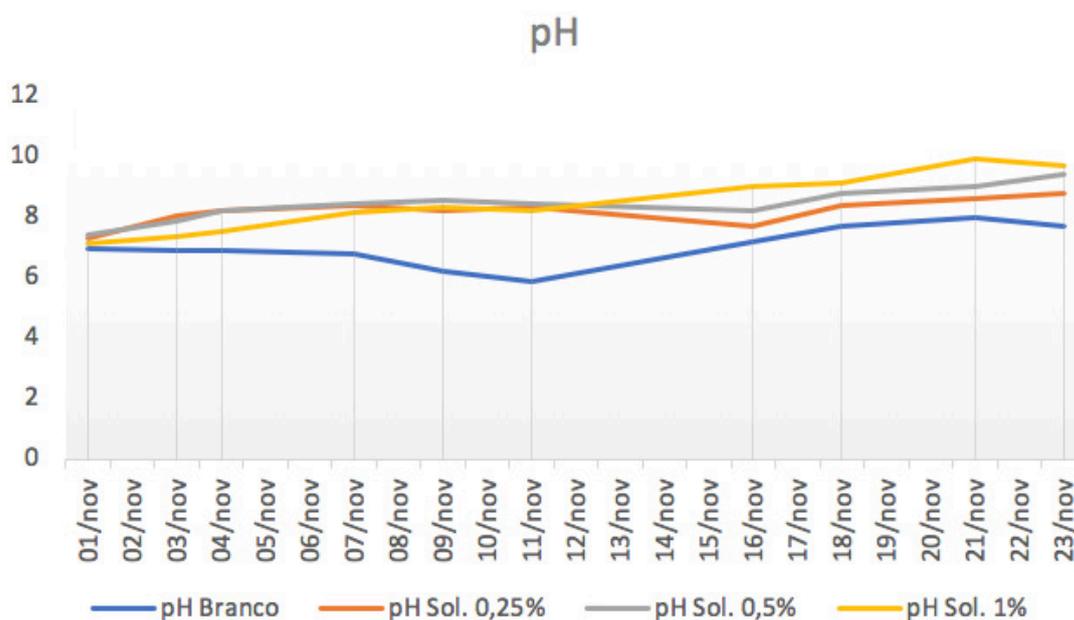


Análises – Terceiro Ensaio

Novas análises foram realizadas para as soluções que foram refeitas com as mesmas concentrações de borra de café por litro de água.

Iniciando a discussão dos resultados das análises pelo pH, observa-se que as amostras estiveram entre 6 e 8, vide figura 15.

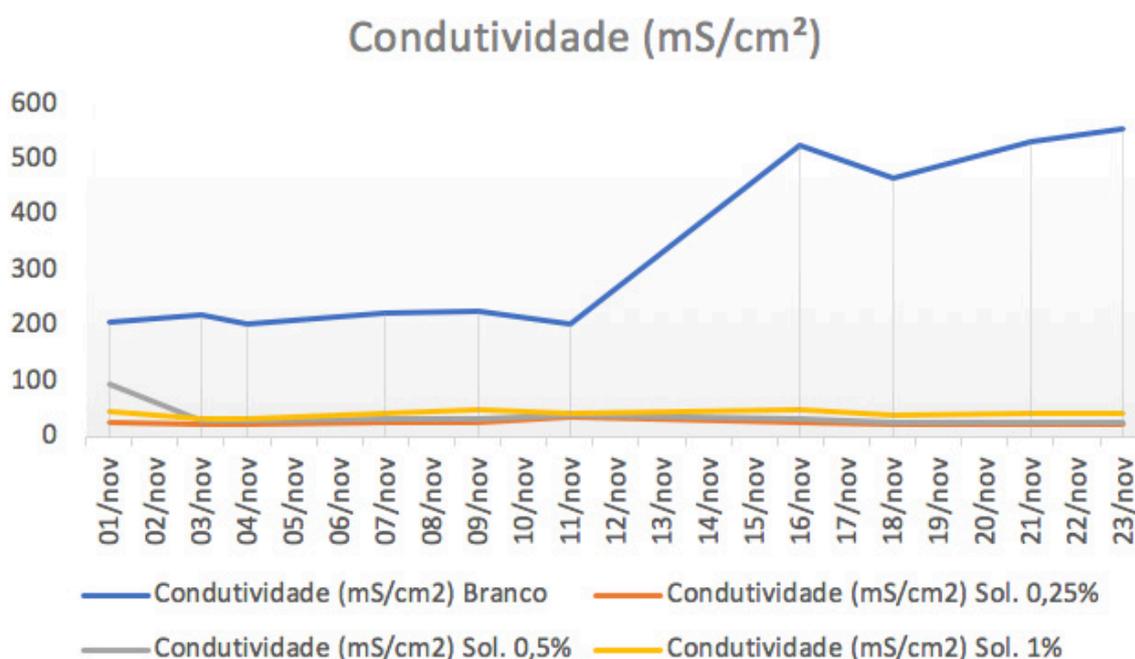
Figura 15- Comparação pH das soluções no terceiro ensaio.



As soluções com concentrações de 0,5% e 1% chegaram a um pH bastante próximo de 10, vale lembrar que de acordo com Handley e Navarro (2013), pH acima de 7 pode interferir no desenvolvimento das mudas, devendo ele estar sempre próximo ao neutro, faixa em que as amostras com 0,25% de borra de café e a referência estiveram.

Os próximos resultados analisados (figura 16) são os valores de condutividade das soluções utilizadas.

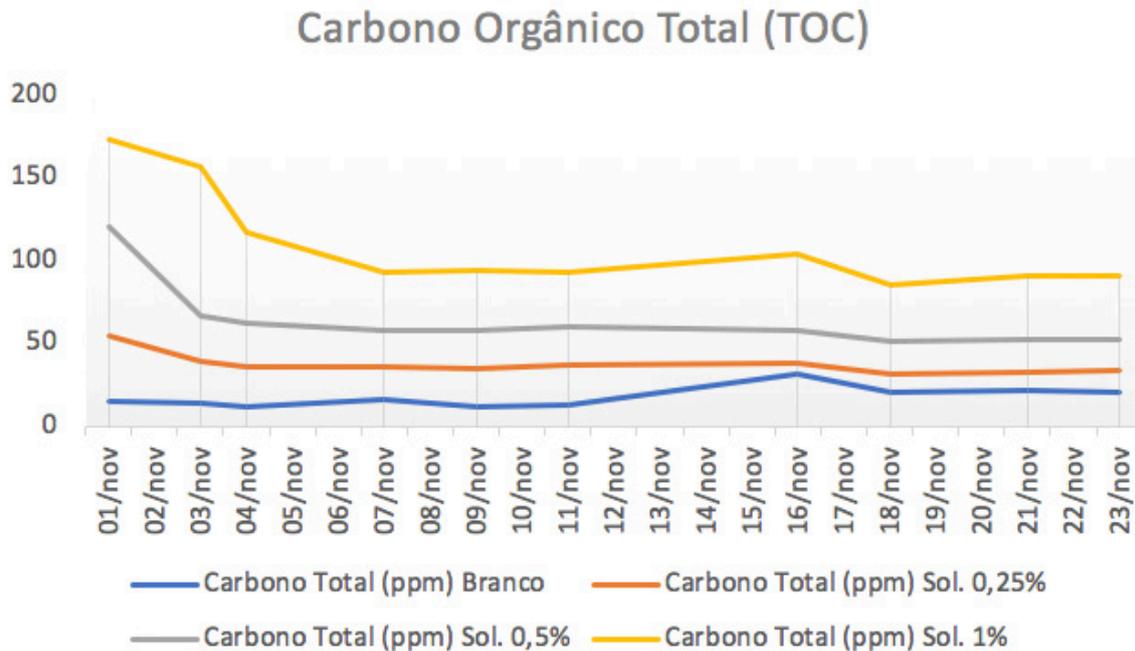
Figura 16 - Condutividade das soluções no terceiro ensaio.



Quanto as misturas com borra de café, os valores se mantiveram parecidos entre as amostras, entre 20 e 40 mS/cm², bem acima do indicado por Faquim e Furlani (1999). A variação da solução com produtos químicos pode ser justificada por um vazamento ocorrido durante o período, tendo que ser a solução substituídas por uma nova, acarretando assim em valores diferentes na condutividade, na metade do período de operação até o final, variando seu valor, chegando a ser maior que dobro do início.

Sobre os valores de teor de carbono (TOC) das amostras, pode-se concluir que as curvas se assemelham as do primeiro teste e se comportam como esperado, sendo decrescentes, indicando o consumo do carbono pelas mudas. A partir da figura 17 é possível notar também que houve uma tendência dos valores, ao final do teste, em se tornarem constantes, ou seja, as mudas a partir daquele período já haviam consumido a quantidade de carbono máxima necessitada por elas.

Figura 17 - Comparação TOC das soluções no terceiro ensaio.



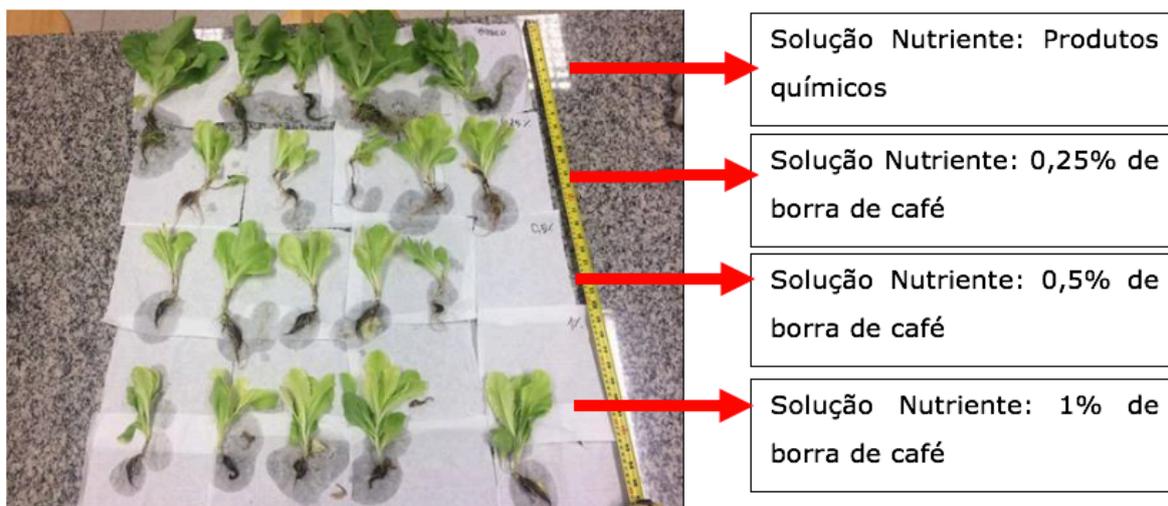
Seguindo o padrão de análise, ao fim do período de 20 dias as mudas foram medidas e calculadas as médias de crescimento de cada uma, os resultados estão apresentados na tabela 5.

Tabela 4 – Média de crescimento no segundo ensaio.

Ensaio: 02	Tipo de Amostra			
	BRANCO	Amostra 0,25%	Amostra 0,5%	Amostra 1%
Mudas				
Média (cm)	30,4	23,3	21,2	18,2
Inibição (%)	-	23,57	30,16	23,57

Analisando os valores contidos na tabela 5 percebe-se que a média de crescimento da solução de referência foi superior dentre os outros ensaios e as amostras com concentrações de café possuíram valores maiores que a metade do branco, sendo a amostra de 0,25% com maior média de crescimento. A figura 18 permite avaliar visualmente o crescimento e coloração das mudas.

Figura 14 - Sistema NFT montado para o terceiro ensaio



Nota-se a diferença de coloração entre as amostras cultivadas a base de borra café e a referência, indicando como já foi discutido, a possível falta de nutrientes essenciais.

5. Conclusão

De acordo com os autores Bonilla Hermosa (2014), Viotto (1991), Ferreira (2011), Torres et al (2012), a borra de café possui grande quantidade de nutrientes minerais, que favorecem o crescimento e desenvolvimento das mudas, e Oliveira e Costa (2014) ressaltam a necessidade de dar novas destinações aos resíduos gerados pela cafeicultura, diminuindo o volume de descarte e afirmando assim a importância desta pesquisa em relação ao cultivo utilizando-se do nutriente borra de café. Contudo, pesquisas que utilizam apenas a borra de café como base para a solução nutriente em cultivos hidropônicos não foram encontradas em bases eletrônicas, sendo assim, esta é uma nova pesquisa realizada, dificultando comparações com literaturas.

Com os dados analisados, sabe-se que a borra de café possui potencial para ser utilizada em cultivos de alface hidropônica, mas que em comparação com a solução comumente usada, obteve alguns déficits quanto ao crescimento. Concluiu-se que grandes quantidades, como as do primeiro ensaio, podem prejudicar o desenvolvimento. Por essa razão foi feita a redução das concentrações que inicialmente eram 1%(g.L-1), 2,5%(g.L-1) e 5%(g.L-1) para as quantidades de 0,25%(g.L-1), 0,5% (g.L-1) e 1% (g.L-1).

Sobre as mudas, como já foi discutido, a coloração das desenvolvidas em solução à base de borra de café foi diferente em relação a de referência (desenvolvida em solução química comum de hidroponia) sendo mais amareladas e mais frágeis que as cultivadas em solução química e com raízes menores, o que pode indicar a necessidade de nutrientes para o desenvolvimento adequado. As altas temperaturas aliada aos problemas com os canais de cultivo também interferiram no desenvolvimento, onde mudas receberam quantidades de solução elevadas, enquanto outras poucas quantidades.

Apesar dos ensaios de ecotoxicidade indicarem crescimento muito superior ao seu referencial, é importante ressaltar que as condições que o teste foi realizado são consideradas "ideais", pois não recebem interferências de clima, luz e etc.

Em relação à viabilidade do processo ficou evidenciado que há uma tendência de aproximar os resultados obtidos com uma solução de nutrientes químicos padrão, frente a uma solução

contendo borra de café, principalmente com as quantidades do segundo e do terceiro ensaio. São necessárias ainda pesquisas que complementem as concentrações utilizadas, acrescentando os nutrientes necessários para o crescimento saudável, aproximando-se do referencial ou testes com quantidades menores de borra.

Os resultados de pesquisas como esta aliados a outras descobertas, caso colocados em prática em grandes produções comerciais de produtos hidropônicos, podem potencializar a redução de um resíduo que hoje é descartado como resíduo sólido urbano. O aproveitamento deste resíduo como matéria prima do processo de produção pode agregar valor econômico, assim como afirmam Cabral e Moris (2010). Este fato, divulgado para a sociedade, poderá reduzir a rejeição do consumo deste tipo de plantio contribuindo para cultivos mais sustentáveis.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ (ABIC). **Notícias - Mercado de cafés especiais deve crescer 19% em 2018**. 2018a. Disponível em <http://abic.com.br/mercado-de-cafes-especiais-deve-crescer-19-em-2018/>. Acesso em: 17 jun. de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ (ABIC). **Indicadores das indústrias de café**. 2018b. Disponível em <http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2018/>. Acesso em: 17 jun. de 2019.

BENEDETTI, Stella. **AVALIAÇÃO DO TEOR DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL NA QUALIDADE DA ÁGUA: APLICAÇÃO NA RADIOFARMÁCIA**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Stella%20Benedetti_M.pdf Acesso 13 de outubro de 2016

BONILLA HERMOSA, Verónica Alejandra. Aproveitamento dos resíduos do processamento semi-seco do café para a produção de compostos de valor agregado. 2014. Dissertação de mestrado. UFLA, 2014. Minas Gerais – MG.

CABRAL, M. S, MORIS, V. A. S. **Reaproveitamento da borra de café como medida de minimização da geração de resíduos**. São Carlos-SP, 2010. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_stp_121_788_17072.pdf Acesso em 09 de outubro de 2016

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Ensaio de germinação e alongamento de raízes. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://solo.cetesb.sp.gov.br/solo/programa-de-monitoramento/biomonitoramento/ensaio-de-germinacao-e-alongamento-de-raizes/>>. Acesso em 09 de outubro de 2016

DANTAS, A. M. **Materiais orgânicos e produção de alface americana**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina veterinária. Universidade de Brasília, 2011, 38 folhas. Monografia. Disponível em http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1830/1/2011_AurelianoMoraisDantas.pdf Acesso em 11 de outubro de 2016

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Produção de hortaliças em cultivo hidropônico, 2014. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2161082/producao-de-hortalicas-em-cultivo-hidroponico-e-tema-de-curso>. Acesso em 11 de outubro de 2016 em 11 de outubro de 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Notícias**. 2015. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2574254/cafe-e-a-segunda-bebida-mais-consumida-no-brasil> Acesso em 09 de outubro de 2018.

FAQUIM V; FURLANI PR. 1999. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário 200/201**: 99-104.

FERREIRA, Anabela. Influência da borra de café no crescimento e nas propriedades químicas e biológicas de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.). 2011. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária. Disponível em <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/6889>. Acesso em 11 de outubro de 2016

HUNDLEY, Guilherme Crispim; NAVARRO, Rodrigo Diana. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, 2013. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Goncalves13/publication/262760735_Effect_of_electric_conductivity_ionic_concentration_and_flow_of_nutrient_solutions_in_the_production_of_hidroponic_lettuce/links/0046353ac32c5730e0000000/Effect-of-electric-conductivity-ionic-concentration-and-flow-of-nutrient-solutions-in-the-production-of-hidroponic-lettuce.pdf. Acesso em: 19 de jun. de 2019.

Junior, C. H., Rezende, R., de Freitas, P. S. L., Gonçalves, A. C. A., & Frizzone, J. A. **Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica**. Ciênc. agrotec., v. 32, n. 4, 2008.

OHSE, S; NETO, D. D; MANFRON, O. S. S. Qualidade de cultivares de alfaces produzidos em hidroponia. Santa Maria, RS. 1998. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162001000100027. Acesso em 11 de outubro de 2016

OLIVEIRA, M. D; MINAMI K; ROSSI, R. A. Avaliação do uso da borra de café como substrato para a horticultura. São Paulo, 2011. Disponível em: <https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=4388&numeroEdicao=16>. Acesso em 10 de outubro de 2016

OLIVEIRA, P. P; COSTA, A. C; LIMA, W. L. Utilização da Borra de Café na Produção de Mudanças de Chicória. Dourados-MS, 2014. Disponível em: <http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/viewFile/16748/10452>. Acesso em 11 de outubro de 2016

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Coleta seletiva**. 2019. Disponível em <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/coleta_seletiva/index.php?p=229723>. Acesso em 18 de jun. de 2019.

STAFF, H. **Hidroponia**. 2. ed. Cuiabá: Sebrae/MT, 1998. 86 p.

TORRES, A. J. ; BREGAGNOLI, M. ; Monteiro, J.M.C. ; CARVALHO, C. A. M. Emergência de Plântulas de Cafeeiro em Substratos de Borra de Café. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4, p. 29-36, 2012.

VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; BOODT, M. **The influence of the substrate to plant growth**. Acta Horticulturae, Wageningen, v. 126, p. 251-258, 1981.

VIOTTO, L. A. **Projeto e avaliação econômica de sistemas de secagem de borra de café**. Campinas-SP, 1991.