

Eixo Temático ET-08-005 - Poluição Ambiental

INFLUÊNCIA DE ANTIBIÓTICOS NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS

José Arruda Biserra Neto, Luiza Feitosa Cordeiro de Souza

Centro Universitário Tabosa de Almeida ASCES – UNITA, Curso de Engenharia Ambiental

RESUMO

No Brasil o maior número de casos de contaminação alimentar é ocasionada por produtos químicos e biológicos, onde a contaminação química pode ser causada, por exemplo, por medicamento como os antibióticos. Por isso, a influência deste tipo de composto no desenvolvimento de plantas leguminosas foi avaliado. O feijão-Caupi (*Vigna unguiculata*) foi a espécie escolhida pelo seu grande consumo no Brasil. O mesmo foi cultivado em sistema hidropônico do tipo *minifloating*, contaminado com quatro tipos de antibióticos diferentes (Amoxicilina, Cefalexina, Norfloxacino e Sulfametoxazol) e em quintuplicata para cada um. A solução nutriente padrão foi preparada pela mistura de sulfato de amônio (0,034 g N/L), cloreto de potássio (0,042 g K/L), super fosfato (0,042 g P₂O₅/L) e os antibióticos em 1,5L de água. As sementes foram germinadas em água e, ao formar duas folhas foram transferidas para a solução. Foi montado um controle com a solução nutrientes e sem antibióticos. A Amoxicilina provocou um aumento do comprimento da raiz superior ao das plantas controle. Com este antibiótico as plantas desenvolveram folhas, tamanho de caule e área de folhas semelhante ao controle, enquanto a Cefalexina, o Norfloxacino e o Sulfametoxazol afetaram a planta impedindo o seu desenvolvimento.

Palavras-chaves: Feijão-Caupi; Contaminação; Antibiótico; Hidropônia; Toxicidade.

INTRODUÇÃO

De acordo com Balbino; Balbino (2016), no Brasil, ao longo dos anos, o mercado de medicamentos tem movimentado bilhões de reais, contudo, essa imensa produção muitas vezes provoca um grande acúmulo de resíduos, ocasionados pelo descarte incorreto desses medicamentos, que permanecem no ambiente por longos períodos, acarretando sérios riscos socioeconômicos e ambientais. Dentre os riscos apresentados pelo descarte incorreto de medicamentos, destacam-se: a proliferação de doenças, a diminuição da qualidade de vida da população, a contaminação dos recursos hídricos, do solo e do ar, além de fatores que condicionam a mortandade de animais e plantas (BORRELY et al., 2012).

Por sua grande comercialização e descarte inadequado, alguns medicamentos vem sendo detectados nos mais diversos ambientes e, através de análises ecotoxicológicas, é possível dimensionar o potencial tóxico desse tipo de resíduo na biota existente. Esses medicamentos têm sido detectados em águas, efluentes tratados, e até em tecidos biológicos de alguns organismos (BORRELY et al., 2012). Zanholo et al. (2014) afirmam que no país as principais causas de contaminação de alimentos são por produtos químicos e/ou biológicos. A contaminação química pode ocorrer pela presença de agrotóxicos, hormônios (sintéticos), antibióticos, detergentes, metais pesados, entre

outros. A contaminação biológica, por sua vez, ocorre pela ação de microrganismos (protozoários, fungos, bactérias e vírus) que são causadores de toxi-infecções alimentares.

Além da contaminação alimentar, o descarte inadequado de medicamentos pode provocar o aumento da resistência dos microrganismos aos antibióticos. Isto ocorre devido ao frequente contato das células microbianas com os compostos antibióticos. Ao sobreviver ao contato com estes compostos, os microrganismos desenvolvem resistência e, em um próximo contato com a mesma substância, o dano será menor ou nulo. Quando os medicamentos são descartados de forma inadequada, estas substâncias antibióticas podem ser ingeridas através de alimentos contaminados e provocar a resistência microbiana no organismo. Com isso, quando se tornar necessário a utilização desse tipo de medicamento para controlar alguma doença, os microrganismos causadores dessa doença já estarão resistentes a esse tipo de substância, reduzindo a ação do mesmo (MOTA et al., 2005).

Sousa (2014) relata as possíveis irregularidades no manuseio de diversos tipos de alimentos que ficam susceptíveis a contaminação, como por exemplo, por antibióticos. Exames e testes para detectar a presença de medicamento nos alimentos não são realizados com frequência. A concentração de ação tóxica dos mesmos é muito baixa, geralmente em ppb. A detecção destas quantidades é realizada por equipamentos de alta precisão analítica e de alto custo, e poucos laboratórios são credenciados junto ao ministério da agricultura. Outro problema é a ampla diversidade de compostos. Cada um tem uma metodologia específica de detecção. Por isso, a determinação de contaminação torna-se inviável pelo alto valor das análises e pela ampla variedade de compostos.

As plantas são seres vivos que produzem seu próprio alimento e que passam sua vida entre dois ambientes inorgânicos, a atmosfera, de onde retira CO_2 , e o solo, de onde retira água e nutrientes minerais. Esses nutrientes minerais são primeiramente absorvidos na forma de íons inorgânicos, por onde entram na sua maioria na biosfera pelo sistema radicular da planta. O processo de absorção mineral pelas plantas se torna um processo bem efetivo devido elas possuírem uma grande área superficial das raízes e também possuírem a grande capacidade de absorverem pelas raízes íons inorgânicos em baixas concentrações disponíveis na solução do solo (COSTA, 2014).

Durante muito tempo pensou-se que os elementos contidos na solução do solo fossem absorvidos por simples difusão, caminhando a favor de um gradiente de concentração, indo de um local de maior (a solução externa) para outra de menor (o suco celular) concentração. Quando, entretanto, compararam-se as análises do suco celular com a do meio em que viviam diferentes espécies, verificou-se que, de modo geral, a concentração interna dos elementos era muito maior daquela do meio externo e que havia uma certa seletividade na absorção dos elementos (FAQUIM, 2005). A nutrição mineral é o conhecimento de como as plantas absorvem, transportam, assimilam e utilizam os íons. Este estudo busca entender as relações iônicas conforme condições naturais de solo. Seu interesse é diretamente ligado à agricultura e à produtividade das culturas. Boa parte da produção agrícola tem forte dependência da fertilização com elementos minerais (COSTA, 2014).

Segundo a Faquin (2005), para comprovar a essencialidade de um elemento, solicita a ausência do elemento em conhecimento do meio nutritivo. Tal requisito é extremamente difícil de conseguir em meios complexos como o solo. No século XIX, pesquisadores detectaram que as plantas poderiam crescer normalmente em solução

nutritiva (meio líquido contendo somente sais inorgânicos). Hoje esta experiência é conhecida como hidropônia e tem proporcionado inúmeros conhecimentos com relação a Nutrição Mineral.

O termo hidropônia vem do grego hidro ponos, que significa “trabalho na água”. É uma técnica de cultivo de hortaliças, frutos e flores, em que as plantas não entram em contato com o solo, mas em soluções nutritivas, que são preparadas cuidadosamente para nutrir a planta, circulando entre suas raízes. É um cultivo limpo onde a planta recebe apenas o que necessita e na dose correta: sol, apoio, água arejada e nutriente. A hidropônia permite cultivar qualquer espécie de planta, onde o alface e tomate são as culturas mais difundidas. Pode-se citar também: abobrinha, pimentão, pepino, morango, melão e plantas ornamentais como crisântemos, rosas, e gladiólos. Para analisarmos a contaminação das plantas precisamos isola-la ao máximo de possíveis contaminantes que poderiam mascarar nossos resultados, com isso pensamos na hidropônia (FAQUIN, 2005).

Segundo Miranda (2013), o cultivo hidropônico requer alguns cuidados especiais. Há necessidade de grandes volumes de solução e do ajuste freqüente das concentrações dos nutrientes e do pH do meio (o pH influencia na disponibilidade dos nutrientes). Um suprimento de O₂ é necessário para permitir a respiração das raízes. Em muitos cultivos hidropônicos comerciais, no entanto, as raízes das plantas são colocadas em valas (canos de PVC cortados ao meio) e a solução nutritiva flui em uma fina camada ao longo da vala, alimentando as raízes. Este sistema garante um amplo suprimento de oxigênio às plantas.

Dentre os tipos de sistemas hidropônicos, existe um chamado *Mini-floating*, onde a hidropônia é feita em potes de sorvete, de modo fácil e rápido, além de ser uma forma de preservar o meio ambiente impedindo que essas caixas de sorvete e outras embalagens sejam jogadas de qualquer forma. Além disso esse tipo de sistema permite que se controle individualmente o cultivo de cada planta (PREUSS *et al*, 2011).

Segundo Salvador (2016), de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o plantio de feijão é estendido a todos os estados brasileiros, no sistema solteiro ou consorciado com outras culturas. Considerada uma cultura de subsistência em pequenas propriedades, o feijoeiro é adotado também em sistemas de produção que requerem o uso de tecnologias intensivas como a irrigação, controle fitossanitário e colheita mecanizada.

O sertão semi-árido da região Nordeste e em pequenas áreas da Amazônia, são as principais regiões onde é plantado o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) com produtividade de 303,5 kg/há, chegando a uma produção de 429.375 toneladas. Onde os estados que mais produzem são o Ceará (159.471 t), PiauÍ (58.786 t), Bahia (50.249 t) e Maranhão (35.213 t), os quais também apresentam as maiores áreas plantadas (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 1993-2001) (SAGRILO *et al.*, 2013). Além disso Duarte *et al.*, (2014) afirmam que, a região Nordeste tem apresentado grandes variações na área plantada e produção, o que dificulta estimar se sua participação tem aumentado ou diminuído. Na região Sul, a participação na área plantada e produção se mantém praticamente constante, enquanto que a região Sudeste reduziu em 10% a área plantada e produção. As regiões Norte e Centro-Oeste, apresentaram, no mesmo período, aumentos da participação na área plantada e produção. Enquanto que a região Norte aumentou sua participação em 5,3% na área plantada e 2,8% na produção, a região Centro-Oeste aumentou sua participação em 9,6% na área plantada e em 14,6% na produção.

O plantio dessa cultura é feito em três momentos, sendo o primeiro denominado safra das águas, o segundo safra da seca e o terceiro safra do outono/inverno, onde nas regiões Norte e Nordeste são feitas nas seguintes datas: na 1ª safra, o plantio é de outubro a dezembro e a colheita de janeiro a maio, já o plantio da 2ª safra, fica entre os meses de janeiro a junho e a colheita de abril a setembro, e o plantio na 3ª safra é realizado nos meses de abril a julho e a colheita em junho a setembro (SALVADOR, 2016). Sagrilo *et al.* (2013) relatam, com relação aos aspectos socioeconômicos, que a cultura do feijão-caupi é responsável pela geração de 1.451.578 empregos/ano no Brasil, com o valor de produção estimado em US\$ 249.142.582,00/ano.

OBJETIVOS

Analisar a influência de quatro diferentes tipos de antibióticos no desenvolvimento da leguminosa *Vigna unguiculata* em sistema hidropônico. Avaliando o crescimento do caule, quantidade e tamanho das folhas e tamanho da raiz.

METODOLOGIA

Para testar a influência dos antibióticos no desenvolvimento das plantas, foi montado um sistema hidropônico do tipo *minifloating* com uma leguminosa em cinco tratamentos, sendo um deles o controle. Em cada tratamento foi adicionado um antibiótico diferente.

Sistema Hidropônico

O sistema foi feito com potes de polipropileno com capacidade de 2 L, preenchidos com 1,5 litros de solução nutrientes, cobertos com papel alumínio para refletir a luz solar, evitando assim o aquecimento dos potes e o desenvolvimento de algas. Na tampa dos potes foi feito um furo e encaixado um copo de café descartável, que serviu para sustentar o feijoeiro com ajuda de um pregador de roupa nos primeiros dias, e ao lado outro furo por onde colocou-se uma mangueira conectada a uma pedra porosa que foi usada para oxigenar a solução.

Foram realizados 5 tratamentos, T1, T2, T3, T4 e T5, sem antibiótico (controle), com Amoxicilina (384 mg/L), Norfloxacino (308mg/L), Cefalexina (384 mg/L) e Sulfametoxazol (308 mg/L), respectivamente. Os antibióticos foram adicionados a uma solução nutrientes composta de uma mistura de sulfato de amônio (0,034 g N/L), cloreto de potássio (0,042 g K/L), super fosfato (0,042 gP₂O₅/L). A composição e concentração da solução nutrientes foi preparada com base nos valores da Ficha Técnica da EMBRAPA (2014) para feijoeiros comuns no Nordeste. Cada tratamento foi realizado em quintuplicata. Os potes permaneceram em uma casa de vegetação durante todo o experimento, onde foram monitoradas.

Leguminosa

A leguminosa escolhida foi o feijão-caupi, conhecido como feijão macassar e cientificamente como *Vigna unguiculata*. As sementes foram adquiridas na feira livre da cidade de Caruaru, no bairro da Boa Vista. Elas foram germinadas em uma camada de algodão úmido (água potável). Ao atingir uma quantidade de 2 folhas, elas foram transferidas para os potes. Uma muda em cada pote.

Monitoramento

Os potes eram aerados por cerca de 60 minutos com o auxílio de um compressor diariamente. Diariamente era verificado o nível da solução nos potes e repostos com mais solução nutrientes se necessário. Semanalmente eram realizadas as medições de tamanho de raiz e de caule, número de folhas e área das folhas.

Análise de dados

Os resultados obtidos foram tratados no programa *Statistica* com a criação de tabelas e gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento hidropônico, foram avaliados inicialmente a influência dos antibióticos no desenvolvimento das partes da planta individualmente e ao final uma apresentação geral da toxicidade de uma forma geral.

Caule

Após serem transferidas para o sistema, as mudas do feijoeiro tinham em média 6 ± 2 cm. O crescimento do caule foi acompanhado semanalmente até uma estabilização. No Gráfico da Figura 1, pode-se observar o crescimento do caule após ser colocado no sistema hidropônico.

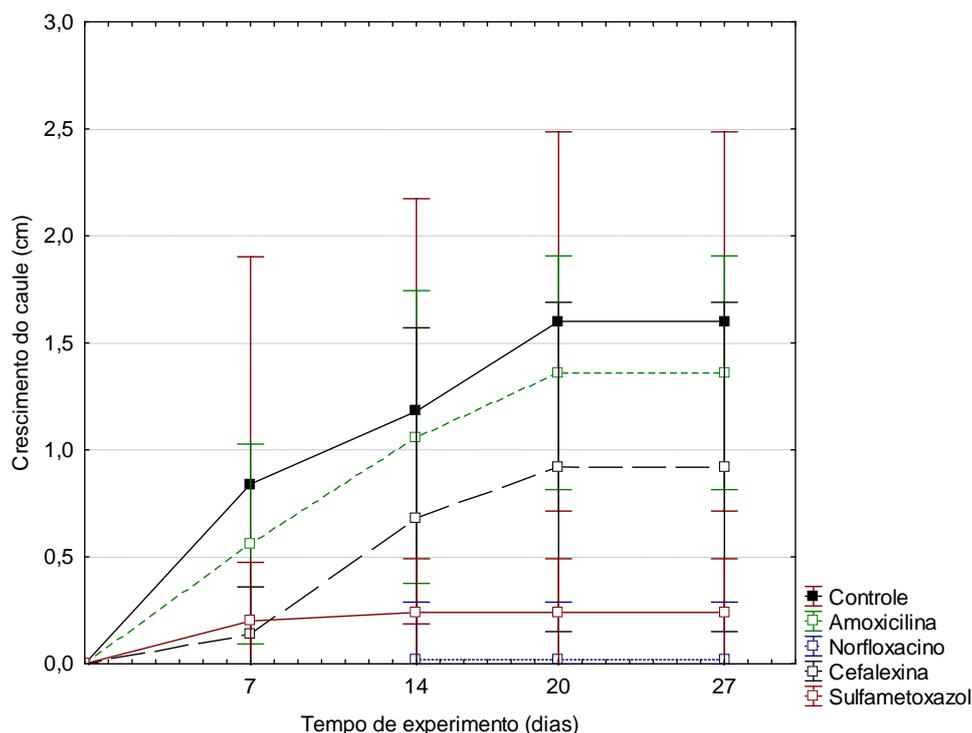


Figura 1. Crescimento do caule dos feijoeiros em todos os tratamentos ao longo do experimento.

De acordo com a Figura 1, as plantas cultivadas na solução controle (sem adição de antibióticos) apresentaram maior crescimento do caule em relação as outras soluções. As plantas que receberam o medicamento Norfloxacino na solução nutrientes apresentaram um desenvolvimento do caule pequeno, demonstrando que este

medicamento atrapalhou o desenvolvimento do caule da planta. O tratamento com Amoxicilina apresentou resultados próximos ao tratamento de controle, enquanto o tratamento com Cefalexina apresentou um baixo desenvolvimento nos primeiros sete dias, após esse período houve crescimento do caule. Já o tratamento com Sulfametoxazol também apresentou baixo desenvolvimento do caule das plantas.

Raiz

O desenvolvimento das raízes é importante devido a esta ser a parte responsável pela assimilação de água e minerais presentes no solo ou na solução nutrientes. A atrofia da raiz pode prejudicar seu desenvolvimento. A mesma pode ter um aumento do tamanho para garantir o acesso e aquisição de quantidades necessárias a planta. O crescimento das raízes ao longo do experimento pode ser observado no gráfico da Figura 2.

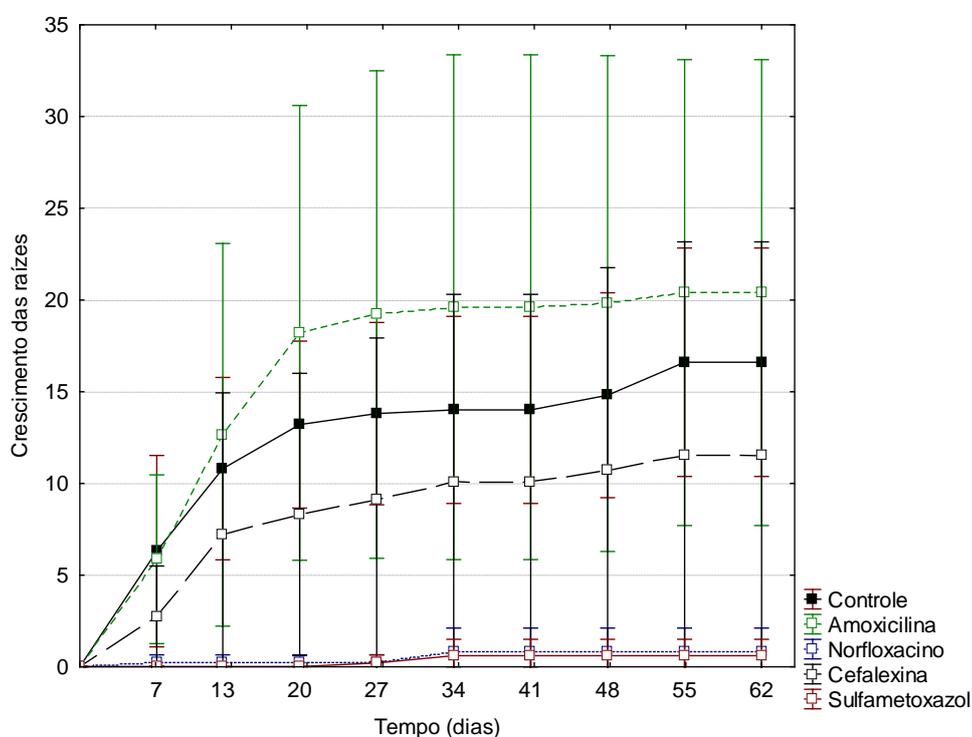


Figura 2. Crescimento das raízes dos feijoeiros em todos os tratamentos ao longo do experimento.

Na Figura 2, as plantas cultivadas com Amoxicilina tiveram alto desenvolvimento das raízes em comparação com o tratamento controle, cerca de 23% acima. A amoxicilina causou alteração na solução estimulando o desenvolvimento da raiz para garantir o suprimento da planta. O tratamento com Sulfametoxazol e Norfloxacino inibiram o crescimento das raízes em 95 e 96%, respectivamente. A inibição do crescimento da raiz no tratamento com Cefalexina foi de apenas 31%.

Número de folhas

Conjuntamente com as alterações do caule e das raízes foi observada alteração no comportamento de número de folhas como pode ser observado no gráfico da Figura 3.

Analisando o Gráfico da Figura 3 percebe-se que o tratamento controle apresentou em média 13 ± 5 folhas em 55 dias. Nos tratamentos com Amoxicilina e Cefalexina, no mesmo período, os valores médios de folhas foram de 10 ± 3 e 9 ± 5 , respectivamente. Os feijoeiros mais prejudicados foram os tratamentos com Sulfametoxazol e Norfloxacino, pois não houve a produção de folhas. As mudas foram colocadas no sistema hidropônico com duas folhas cada e neste tratamento não houve o desenvolvimento de novas folhas.

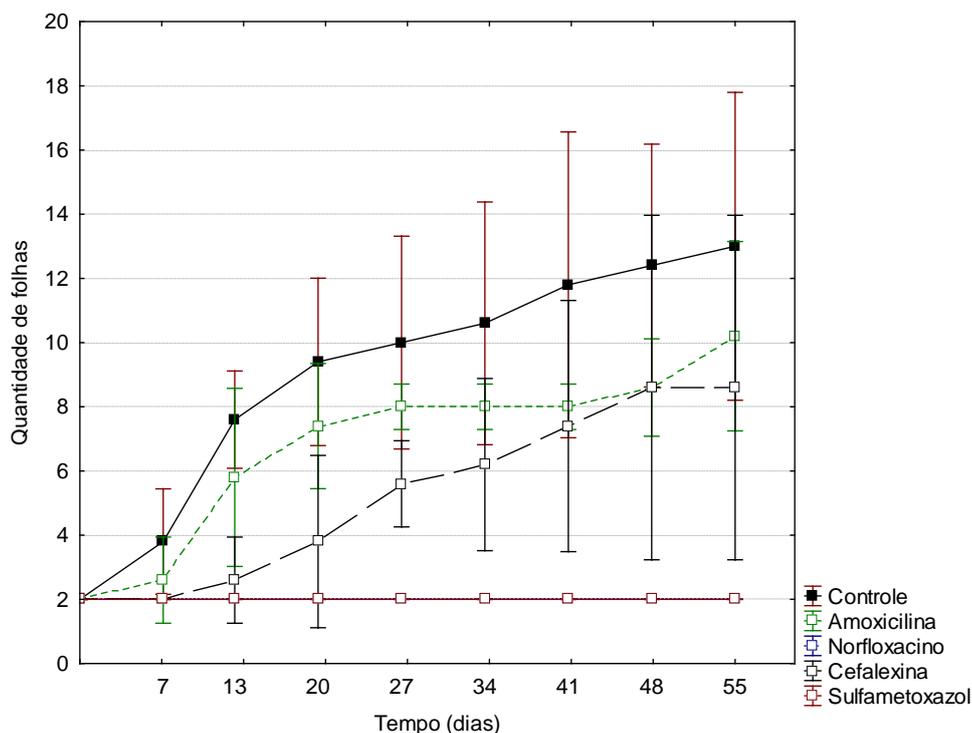


Figura 3. Número de folhas formadas nos feijoeiros ao longo do experimento

Além do número de folhas, as mesmas foram medidas e calculado a área. Em alguns casos as plantas puderam ser capazes de formar folhas, mas estas não chegam a desenvolver, com pequenos tamanhos não conseguem nutrir a planta adequadamente. No gráfico da Figura 4 é mostrado o valor médio da área das folhas formadas no feijoeiro de cada tratamento.

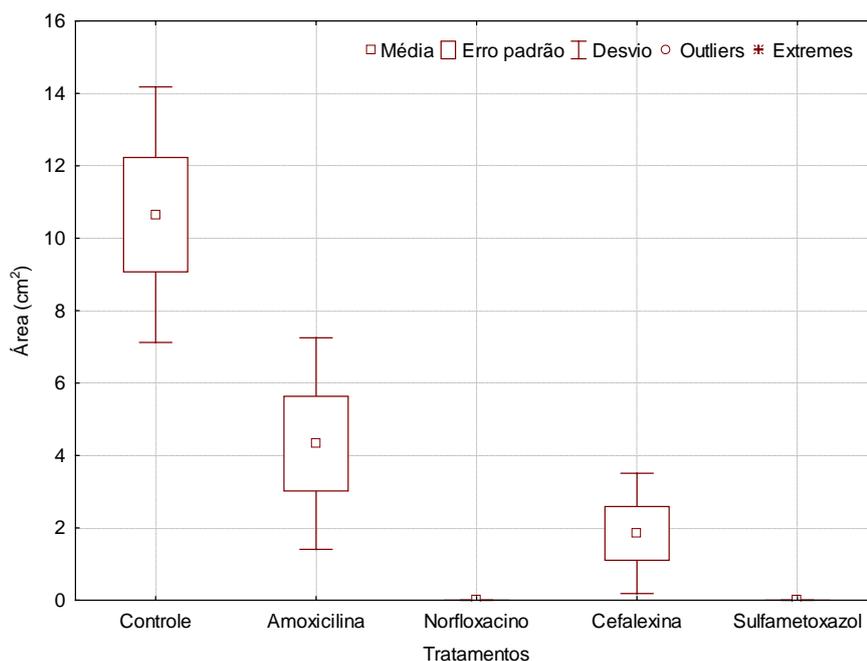


Figura 4. Valores médios, desvio padrão e erro padrão das áreas das folhas dos feijoeiros de cada tratamento.

As plantas cultivadas em solução controle apresentaram maior área em suas folhas em relação aos outros tratamentos, em média $11 \pm 4 \text{ cm}^2$, enquanto as plantas com Norfloxacino e Sulfametoxazol apresentaram deficiência neste quesito. As folhas nestes dois tratamentos murcharam. As plantas com Cefalexina apresentaram folhas com pequenas áreas ($2 \pm 2 \text{ cm}^2$) assim como as plantas com Amoxicilina ($4 \pm 3 \text{ cm}^2$).

O experimento foi conduzido até as plantas morrerem. Com isso, foi possível determinar o tempo de meia vida das plantas, isto é, o tempo que 50% das unidades vivem em contato com os antibióticos (FIGURA 5).

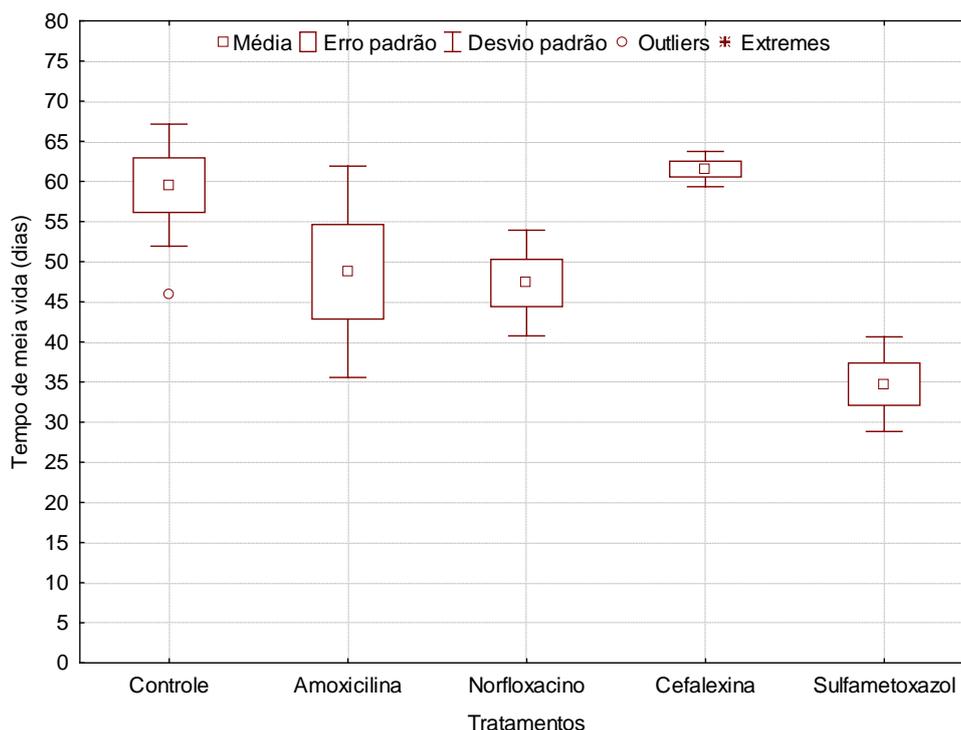


Figura 5. Tempo de vida médio dos feijoeiros em cada tratamento.

Na Figura 5 observa-se que as plantas com solução controle apresentaram um maior tempo de meia vida (60 ± 8 dias) do que os outros tratamentos, enquanto as plantas com Sulfametoxazol apresentaram um baixo tempo de meia vida (35 ± 6 dias), isto é, elas sobrevivem pouco tempo na presença destes antibióticos. No tratamento com Cefalexina, o tempo de meia vida foi de 62 ± 2 dias, semelhante ao controle, enquanto os tratamentos com Norfloxacino e Amoxicilina apresentaram tempos de meia vida intermediários, 47 ± 7 dias e 49 ± 13 dias, respectivamente.

CONCLUSÃO

Com este trabalho pode-se concluir que o antibiótico Amoxicilina ao interferir na solução provoca um aumento no desenvolvimento da raiz da planta para que a mesma possa suprir suas necessidades nutricionais, além disso, causa uma deficiência na quantidade e tamanho das folhas, fazendo com que o crescimento do caule e o tempo de meia vida não sejam os ideais se comparados com um cultivo não contaminado com sua presença.

Já em relação ao Norfloxacino conclui-se que este antibiótico também é capaz de influenciar no tempo de meia vida dos exemplares contaminados por ele, além de atrofiar a planta impossibilitando que ela desenvolva seu caule, uma boa quantidade de folhas e as poucas folhas que ela produza sejam pequenas prejudicando a planta na hora de realizar a fotossíntese.

A Cefalexina é um antibiótico que possui uma menor toxicidade que o Norfloxacino e o Sulfametoxazol, com isso é um antibiótico que não influencia tanto no tempo de meia vida das plantas, porém afeta no desenvolvimento de caule e raiz e no tamanho e quantidade das folhas, impossibilitando assim seu desenvolvimento.

Dentre os antibióticos utilizados no trabalho, o Sulfametoxazol é o medicamento que mais influencia no desenvolvimento de leguminosas, provocando o atrofiamento

quase que total das plantas, ao não permitir que os exemplares que entrem em contato com este composto desenvolvam raiz, folha e um crescimento de caule significativo.

A partir destas constatações torna-se claro a importância de conscientizar a população a descartar adequadamente seus medicamentos, para que os mesmos não cheguem a contaminar plantações e comprometam sua produtividade, ocasionando um déficit na produção e conseqüentemente um aumento no preço do produto final, prejudicando todos os brasileiros neste momento de crise.

REFERÊNCIAS

- BALBINO, E. C.; BALBINO, M. L. C. O descarte de medicamentos no Brasil: Um olhar socioeconômico e ambiental do lixo farmacêutico. **Âmbito Jurídico**. 2016. Disponível em: <http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?artigo_id=9187&n_link=revista_artigos_leitura>. Acesso em: 29 ago. 2016.
- BORRELY, S. I.; CAMINADA, S. M. L.; PONEZI, A. N.; SANTOS, D. R.; SILVA, V. H. O. Contaminação das águas por resíduos de medicamentos: ênfase ao cloridrato de fluoxetina. **O Mundo da Saúde**, v. 36, n. 4, p. 556-563, 2012.
- COSTA, A. R. **Nutrição Mineral em plantas vasculares**. Universidade de Évora. 2014. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/12007/1/NUTRI%C3%87%-C3%83O%20MINERAL%20DAS%20PLANTAS%20VASCULARES.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- EMBRAPA. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na região nordeste brasileira. 1. ed. 2014.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Nutricao%20mineral%20de%20plantas.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- MIRANDA, R. L. **O que é Hidroponia?** Ecoeficientes - Escritório de arquitetura especializado em sustentabilidade. 2013. Disponível em: <<http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-hidroponia/>>. Acesso em: 29 ago. 2016.
- MOTA, R. A.; SILVA, K. P. C.; FREITAS, M. F. L.; PORTO, W. J. N.; SILVA, L. B. G. Utilização indiscriminada de antimicrobianos e sua contribuição a multirresistência bacteriana. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 42, n. 6, 2005.
- PREUSS, M. W.; DALMOLIN, D. S.; WINTER, L.; BORNHOLDT, G. L. C.; VOLPI, G.; FLORA, L. P. D. **Cultivo hidropônico de hortaliças em potes de sorvete**. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2011. Disponível em: <<http://www.cafw.ufsm.br/mostraciencias/2011/resumos/207.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- SAGRILO, E. et al. Importância econômica, agricultura familiar - EMBRAPA. 2013. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/importancia.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2016.
- SALVADOR, C. A. **Feijão: análise da conjuntura agropecuária**. Curitiba: SEAB - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/_feijao_2015_16.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2016.
- SOUSA, C. M. S. **Perigos biológicos e químicos numa unidade de produção de alimentos compostos para animais**. Dissertação (dissertação de Mestrado: sistemas de prevenção e controle alimentar), Escola superior agrária de Santarém: Instituto politécnico de Santarém, Santarém, 2014.
- ZANHOLO, B.; MOITINHO, F.; COSTA, F. De olho na contaminação. **Revista Rural**, 2014. Disponível em: <<http://www.revistarural.com.br/edicoes/novembro-2014/item/7151-de-olho-na-contaminacao>>. Acesso em: 30 ago. 2016.