

Escola SESI Adonias Filho

**DESENVOLVIMENTO DO BIOFERTILIZANTE A BASE DA CASCA DE
MANDIOCA NA RESTAURAÇÃO DO SOLO DANIFICADO PELA CHUVA ÁCIDA**

Ilhéus, BA

2023



Leticia Barreto Nicolau

Alissya Moreno Costa

Ian Ourives Menezes

**DESENVOLVIMENTO DE BIOFERTILIZANTE A BASE DA CASCA DE
MANDIOCA NA RESTAURAÇÃO DO SOLO DANIFICADO PELA CHUVA ÁCIDA**

Relatório de pesquisa apresentado à 7ª
FEMIC - Feira Mineira de Iniciação
Científica pelos autores Alissya Moreno
Costa, Leticia Barreto Nicolau e Ian
Ourives Menezes sob orientação da Prof.
Nara Patrocínio.

Ilhéus, BA

2023



RESUMO

A chuva ácida é um fenômeno relacionado ao aquecimento global e passa a ser vista como um problema quando atinge o pH de 4,5, passando a apresentar consequências para o meio ambiente, que incluem a destruição da camada vegetal, a acidificação de rios, lagos e do solo, que se torna infértil e impróprio para o cultivo. A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma mercadoria muito comercializada na região da Bahia, sendo utilizada principalmente na produção de farinha. Suas cascas, entretanto, apesar de descartadas na grande maioria das vezes, são extremamente ricas em potássio e magnésio, ambos metais que devido às suas propriedades, são capazes de neutralizar a acidez no solo causada pela chuva ácida. Assim, objetiva-se nesse trabalho produzir um biofertilizante a partir das cascas de mandioca capaz de regular o pH do solo e ajudar no processo de recuperação da microbiota do mesmo. Foram preparados 30 vasos com 500 g de solo que foram submetidas a simulação de chuva ácida por 10 dias (tratamentos: 10 vasos com ácido H_2SO_4 , 10 vasos com ácido HNO_3 e 10 vasos com o controle). Após a aplicação, diluições seriadas do solo foram realizadas para analisar a qualidade e a quantidade da microbiota presente nos tratamentos. Para o biofertilizante, cascas de mandiocas foram preparadas, trituradas e fermentadas em uma solução, e então foi filtrada para posteriormente ser aplicada no solo, onde testes de respirometria foram realizados para comprovar a presença de microrganismos sob a ação do biofertilizante. Os resultados revelam que a mandioca funciona como regulador de pH do solo, pois os valores da respirometria comprovaram que a quantidade de CO_2 dobrou em relação ao grupo controle. Apresentando que houve diferenças na quantidade de microrganismos encontrados nos tratamentos, evidenciando os impactos desses ácidos no solo.

Palavras-chave: Chuva-ácida, Biofertilizante, Restauração do solo.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 JUSTIFICATIVA.....	6
3 OBJETIVO GERAL.....	7
4 METODOLOGIA.....	8
5 RESULTADOS OBTIDOS.....	10
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11
7 REFERÊNCIAS.....	12



1 INTRODUÇÃO

O termo “chuva ácida” foi utilizado pela primeira vez em 1852, pelo químico escocês Robert Angus para descrever uma precipitação com elevada acidez que ocorreu durante a Revolução Industrial em Manchester no Reino Unido. Posteriormente, descobriu-se que devido às ações humanas, principalmente a industrial, há a liberação de gases poluentes que reagem com o oxigênio do ar e o vapor da água na atmosfera, transformando-se em ácidos que chegam à superfície através da chuva.

A incidência da chuva ácida aumenta cada vez mais com o passar dos anos, tornando-se, em locais com grandes aglomerações urbanas e centros industriais, um grande problema ecológico, pois prejudica o meio ambiente de forma geral, alterando ciclos biológicos, afetando os cursos de água, como rios, lagos e reservas subterrâneas, bem a biodiversidade presente nos mesmos. O solo, por sua vez, ao sofrer a acidificação intensa, perde seus nutrientes e reduz sua fertilidade, o que acomete tanto no plantio quanto no cultivo.

A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma fonte importante de amido no Brasil e possui uma cadeia produtiva que gera elevadas quantidades de resíduos. Os resíduos de mandioca são divididos em casca, entrecasca e pontas, sendo considerada uma biomassa rica em macromoléculas que podem ser facilmente reaproveitados e convertidos em produtos de valor agregado, inclusive para produção de biofertilizantes.

No processamento de 100 kg de mandioca, cerca de 6 kg de casca de mandioca são formados como resíduos. Esses resíduos possuem uma grande quantidade de moléculas, uma vez que são constituídos por: celulose, hemicelulose, proteína bruta, amido residual, fibras e lignina. A literatura cita que ocorre um desperdício da casca da mandioca e ressalta que esse resíduo é rico em macromoléculas que podem ser facilmente reaproveitadas e convertidas em produtos de valor agregado.

Zhang et al., aplicaram um consórcio microbiano de alta degradação no pré-tratamento de resíduos de mandioca com o intuito de aumentar a produção de metano. Os resultados, experimentais mostraram que a produção máxima de metano (259,46 mL g SV-1) de resíduos de mandioca foi obtida por 12 h de pré-tratamento pelo consórcio microbiano, 96,63% superior ao controle (131,95 ml g SV-1).



Assim, diante das potencialidades da mandioca e pela quantidade de bioinsumos gerados pela sua utilização, objetivou-se neste projeto produzir um biofertilizante à base da casca de mandioca que contribua para a restauração da microbiota do solo afetada pelos efeitos da chuva ácida.

2 JUSTIFICATIVA

O dióxido de enxofre (SO_2) e o dióxido de nitrogênio (NO_2) provenientes da queima de combustíveis fósseis, ao serem expostas à atmosfera, formam ácido sulfúrico e ácido nítrico, que aumentam a acidez das precipitações (MARTINS & ANDRADE, 2002). A chuva ácida tem pH em torno de 4,5; e a chuva normal, por reagir com gás carbônico atmosférico, possui pH em torno de 5,6. As precipitações ácidas podem trazer como consequência, diversos danos econômicos, notadamente a deterioração de monumentos, construções e materiais diversos (BASHKIN & RADOJEVIC, 2003).

O excesso de ácido da chuva, remove minerais e nutrientes essenciais para o crescimento das plantas e afeta a microbiota do solo, conjunto de fungos e bactérias benéficas que desempenha o importante papel de realizar a decomposição da matéria orgânica, fixação de nutrientes e auxílio nos processos dos ciclos biogeoquímicos, como na reciclagem de gases essenciais, que promove a saúde das plantas. No entanto, a chuva ácida pode alterar o pH do solo, prejudicando a atividade microbiana, e consequentemente, afetando a ordem ecológica do meio ambiente.

Estudos realizados por Carmo et al., (2016) revelam que a acidez do solo influencia na germinação e desenvolvimento do feijão e no crescimento e floração do milho. Portanto, áreas agrícolas destes cultivos deverão fazer a correção antes do plantio ou criar estratégias para minimizar os efeitos das precipitações ácidas. Embora as florestas pareçam ser particularmente afetadas pela exposição à chuva ácida, culturas agrícolas também podem sofrer os seus efeitos. Processos fisiológicos e bioquímicos são mais sensíveis, respondendo mais rapidamente à exposição do que o crescimento e a produção propriamente ditos. Distúrbios dessa natureza, normalmente, se manifestam antes dos sintomas visuais, podendo também ser usados para prever, de forma mensurável, as respostas das plantas a diferentes condições atmosféricas, climáticas e edáficas (RATHIER & FRINK, 1984).



Diante dos efeitos nocivos da chuva ácida na microbiota do solo, surge a necessidade de desenvolver estratégias eficazes para minimizar esses impactos. Atualmente, existem poucas alternativas sustentáveis disponíveis para mitigar os efeitos da chuva ácida sobre a microbiota do solo. Portanto, o biofertilizante à base da casca de mandioca pode ser uma solução alternativa, devido às suas propriedades bioativas, alto teor de cálcio, magnésio e potássio e capacidade de regular o pH.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Produzir um biofertilizante à base da casca de mandioca que contribua para a preservação da microbiota do solo afetada pelos efeitos da chuva ácida já que possui propriedade que auxiliam na restauração e equilíbrio microbiano, na saúde do solo e na manutenção de sua fertilidade.

3.2 Objetivos específicos

- Acidificar amostras de solo com ácido nítrico e ácido sulfúrico a partir de simulações de chuva ácida por pulverização;
- Avaliar diferenças na microbiota do solo nos tratamentos (os ácidos) e comparar com o controle (solo saudável);
- Aplicar biofertilizante a base da casca de mandioca e observar sua ação nos tratamentos;
- Qualificar o nível de microrganismos presente antes e após a aplicação do biofertilizante;
- Medir o nível de respiração do solo e avaliar qual tratamento tem maior potencial de microrganismos;



4 METODOLOGIA

4.1 Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório Educacional Adonias Filho (LEAF) e no laboratório de Química na escola SESI Adonias filho em Ilhéus, Bahia. Foram utilizados solos provenientes de fazendas próxima à escola. Para a determinação dos tratamentos utilizamos o delineamento experimental inteiramente casualizado, onde cada amostra constituía uma repetição dentro dos tratamentos. Foram utilizados 30 vasos contendo 500g de solo fértil, a tabela 1 mostra como foi montado o croqui do experimento: onde “V” representa o controle (solo sadio), “S” representa o solo acidificado com ácido sulfúrico e “N” o solo acidificado com ácido nítrico.

Tabela 1. Delineamento experimental da aplicação da chuva ácida em solo fértil na determinação da restauração microbiana.

Tratamentos	Unidades Experimentais									
Controle	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
T1 - H ₂ SO ₄	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
T2 - HNO ₃	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10

4.2 Diluição Seriada do Solo

No processo de diluição seriada do solo foi necessário pesar 1g do solo e adicioná-la a um béquer de vidro estéril contendo água destilada, e então essa solução foi diluída em 1:10, sendo 1 mL de suspensão microbiana em tubo de ensaio contendo 9 mL de solução estéril em cada diluição de 10⁻¹ até 10⁻⁴, com o intuito de analisar a proliferação dos microrganismos presentes no solo controle e no solo exposto com os ácidos sulfúrico e nítrico, esse procedimento foi realizado antes e depois da aplicação do biofertilizante. Para a análise qualitativa dos microrganismos presentes no solo, foram cultivados em meio Sabouraud Dextrose Ágar, após a diluição seriada. O procedimento foi realizado a partir da inoculação dos microrganismos na superfície do meio de cultura em placa de Petri (10 cm) próximo à chama, com cuidado para não transbordar ou verter fora da placa. Após o isolamento as placas semeadas foram colocadas na estufa a 25°C



por 48 horas, após esse período já foi possível observar o aparecimento de colônias de fungos e bactérias.

4.2 Simulação da Chuva Ácida

Para a simulação da chuva ácida, foi preparada soluções com pH 2,0, sendo o pH de uma solução de chuva ácida ultra concentrada contendo o ácido sulfúrico (T1) e outra contendo ácido nítrico (T2) e no controle foi pulverizado água. A solução de chuva ácida foi preparada por meio da mistura dos ácidos sulfúrico e nítrico à 0,5 mol L⁻¹ e água destilada para reduzir o pH a um valor igual a 2,0, conforme procedimento descrito por Sant'Anna-Santos et al. (2006). e foram aplicadas ao solo 200 ml de cada solução utilizando um borrifador manual durante 10 dias, estas simulações foram realizadas por um período de dez dias consecutivos, com duração de 10 min., sempre no período da manhã, próximo às 9h. As amostras de solo foram coletadas após o décimo dia de pulverização.

4.3 Biofertilizante a Base da Casca de Mandioca

Cascas de mandioca foram coletadas (8 mandiocas grandes) lavadas para eliminar os resíduos de terra e possíveis impurezas e secadas em estufas a 65°C por um período de 48 horas, até que estivessem livres de umidade, pois a fermentação em estado sólido pode ser definida como um procedimento fermentativo executado em uma matriz sólida ou semi-sólida, cuja característica é a ausência ou quase ausência de água livre. Após a secagem as cascas foram trituradas e moídas em um liquidificador para ficarem em pequenos pedaços para obterem uma consistência mais fina. Posteriormente, para preparar a solução, as cascas moídas foram colocadas em um béquer, para o processo de fermentação, onde foram adicionados água destilada em quantidade suficiente a uma proporção de 2:10, sendo 200g de casca triturada para 1000 mL de água, a solução fermentou por um período de 7 dias (para T1 e T2 foram utilizados 4000 mL). Depois do período de fermentação, e por último foi filtrada a solução para remover os resíduos sólidos. O biofertilizante foi aplicado em T1 e T2, sendo 40 ml em cada vaso distribuído por dia em um período de 5 dias.



4.4 Respirometria do Solo

A técnica de respirometria serve para caracterizar a atividade bacteriológica do solo com a finalidade de medir a concentração de O₂ na fase gasosa (Figura 1). Foi feita a respirometria para o controle, para T1 e para T2. Solos contendo HNO₃ e H₂SO₄, foi preparada 250 mL de hidróxido de sódio com concentração de 5 mol, e pesadas 100 g de solo em cada 8 béqueres de 1000 mL (400 g de solo com HNO₃ e 400 g de solo com H₂SO₄), adicionando 20 mL da solução NaOH, em 8 béqueres de 50 mL. Feito isso, foi colocado os béqueres de 50 mL dentro dos béqueres de 1000 mL e lacrado com papel filme para a análise da atividade microbiana do solo, sendo registrado as mudanças a cada 5 dias. Para obter os resultados foi necessário a diluição de 100 mL de cloreto de bário a 5% de concentração e diluição de ácido clorídrico a 0,5 mol.

Primeira etapa foi a aplicação rápida do BaCl₂ com uma pipeta simples no NaOH, mas sem a retirada do papel filme, para não perder a produção de carbono realizada pelo solo, depois foi necessária a retirada do béquer com hidróxido de sódio para a aplicação de 4 gotas de fenolftaleína, onde mostrou-se rosa, em seguida gotejou-se o HCl através de uma bureta na solução até voltar a ser transparente. A partir disso anotou-se o volume final apresentada pela bureta e adicionou-se à seguinte fórmula:

$$\text{mg CO}_2/\text{kg} = \frac{\text{volume} \times 44}{\text{massa do solo}}$$

Figura 1.

5. RESULTADOS OBTIDOS

A hipótese desse trabalho está balizada no potencial do biofertilizante a base de casca de mandioca em revitalizar o solo degradado pela chuva ácida e nessa perspectiva, foi feito um teste piloto onde realizou-se uma diluição seriada para testar a capacidade desses ácidos em reduzir/eliminar a população de microrganismos existentes no solo e os nossos resultados revelaram que tanto tratamento 1 quanto o tratamento 2 reduziram



drasticamente a quantidade de microrganismos em relação ao controle, foi identificado apenas algumas poucas colônias de bactérias que possivelmente resistiram aos ácidos.

Os resultados após a aplicação do biofertilizante de mandioca nos tratamentos revelaram o aparecimento das colônias de fungos e bactérias com apenas 48 horas de incubação das placas de Petri.

Numa análise qualitativa pode-se perceber que no Tratamento 1 (ácido sulfúrico) a predominância de microrganismos foi levemente menor que no Tratamento 2 (ácido nítrico), mostrando que esse ácido pode ser mais agressivo à microbiota do solo (Figura 3). Analisando as placas de Petri com os tratamentos após 5 dias de incubação pode-se perceber que nas concentrações 10^{-3} e 10^{-4} T1 possui menos abundância de microrganismos que em T2. A abundância de fungos filamentosos e bactérias nos tratamentos renovados pelo biofertilizante foi superior aos do controle, esse resultado foi confirmado através da respirometria onde encontramos valores de CO_2 superiores em T1 (400) e T2 (450) comparado com o controle (250) (Figura 4).

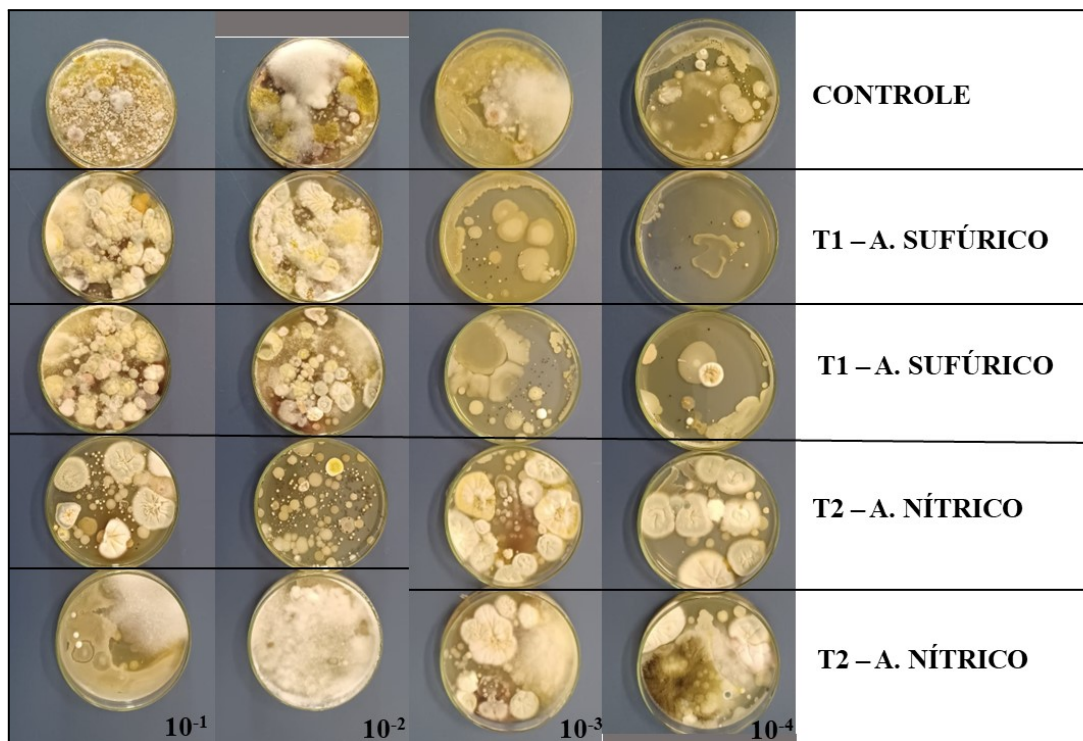


Figura 3. Aspecto macromorfológico das colônias de fungos e bactérias isolados em meio de cultivo Sabouraud Dextrose Ágar em diluição seriada 10^{-1} a 10^{-4} após 5 dias de incubação.



Figura 4. Gráfico respirometria

Observações qualitativas macro e microscópicas foram realizadas com intuito de fornecer informações sobre a microbiota encontrada nos tratamentos. As observações revelaram que os fungos apresentavam a conformação dos esporos nas extremidades das hifas, além disso possuíam hifas hialinas corroborando com a classificação de fungos filamentosos. Embora não tenha sido foco desse trabalho a identificação e classificação microbiológica, na figura 5 é possível supor que há alguns fungos do gênero *Aspergillus*, sp. entre outros. As características morfológicas observadas foram: tamanho da colônia, características dos bordos, textura, relevo e pigmentação que confirmou essa suposição. As análises microscópicas foram realizadas pela técnica de microcultivo em BDA (Batata, Dextrose e Ágar) visando identificar as estruturas vegetativas e especialmente as estruturas reprodutivas específicas dos gêneros de fungos filamentosos (Figura 4).

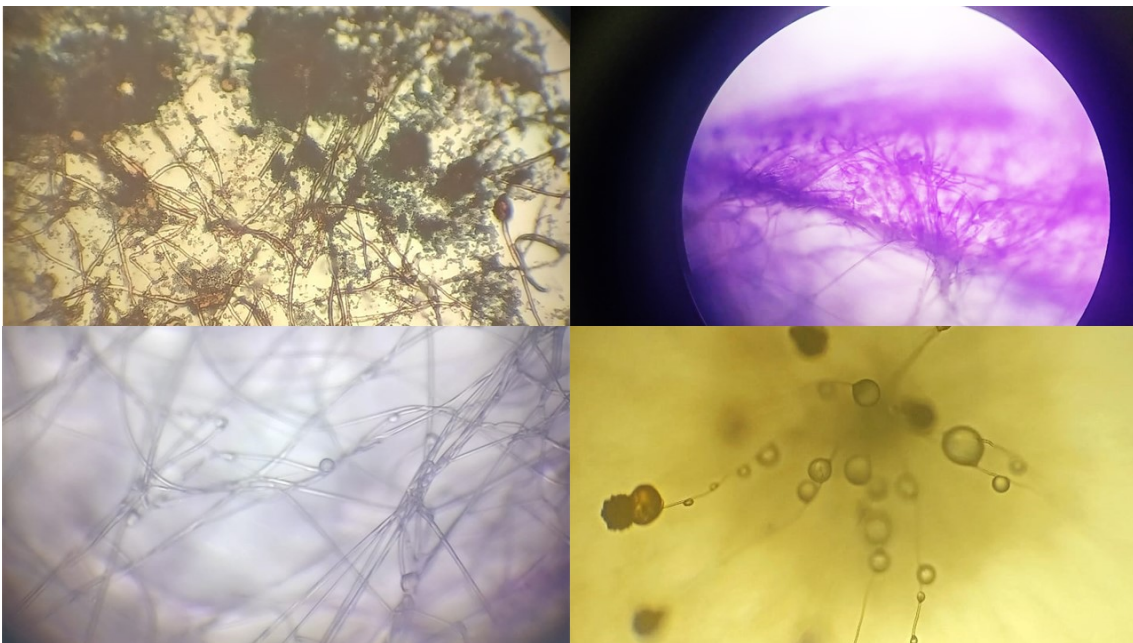


Figura 4. Características micromorfológicas dos fungos filamentosos isolados do solo evidenciando estruturas reprodutivas, hifas hialinas e diversos vestígios de esporos.



6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o processamento da farinha são gerados vários resíduos, dentre eles a manipueira e a casca de mandioca, que se destacam em função da quantidade e do problema ambiental causado pelo descarte inadequado. Na Embrapa Acre, visando ao aproveitamento dos resíduos da fabricação de farinha na agricultura, Texeira et al. (2011) afirma que o aproveitamento de resíduos da casa de farinha dentro das unidades de agricultura familiar é uma alternativa sustentável de baixo custo pode auxiliar na manutenção do pequeno agricultor em sua área de origem e, assim, diminuir o desmatamento na região Amazônica, bem como os problemas ambientais com o descarte inadequado dos resíduos. Embora existam regulamentações sobre resíduos de efluentes, ainda não é possível falar em manejo de resíduos da industrialização da mandioca no Brasil (CEREDA, 1994).

REFERÊNCIAS

BASHKIN, V. & RADOJEVIC, M. Acid rain and its mitigation in Asia. *International Journal of Environmental Studies*, v. 60, p. 205-214, 2003.

CEREDA, M. P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: (Coord.). *Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil*. São Paulo: Pauliceia, 1994. p. 11-50.

Augusto Henrique Diniz do Carmo¹ Eduardo Henrique de Freitas Silva² Milena Gonçalves de Oliveira³ Gustavo Ribeiro de Souza⁴ Gilze Belém Chaves Borges⁵ Cristina Roscoe Vianna⁶. OS EFEITOS DA CHUVA ÁCIDA NA FERTILIDADE DO SOLO E EM CULTIVARES AGRÍCOLAS. *META* | Belo Horizonte | v.1 | n.1 | p.393 - 399 | 2016 |



TEIXEIRA, S. T. et al. Reciclagem Agrícola de Manipueira e Casca de Mandioca. Comunicado técnico, 179. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, p. 6. 2011.

TEIXEIRA, S. T. et al. Reciclagem Agrícola de Manipueira e Casca de Mandioca. Comunicado técnico, 179. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, p. 6. 2011.

MARTINS, C. & ANDRADE, J. Química atmosférica do enxofre (IV): emissões, reações em fase aquosa e impacto ambiental. Química Nova, v. 25 p. 259–272, 2002.

RATHIER, T.M. & FRINK, C.R. 1984. Simulated acid rain: Effects on leaf quality and yield of broadleaf to-bacco. Water, Air, Soil Pollut., 22:389-94.

SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; SILVA, L. C.; AZEVEDO, A. A.; AGUIAR, R. Effects of simulated acid rain on leaf anatomy and micromorphology of *Genipa americana* L. (Rubiaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 1, p. 313-321, 2006.

As referências bibliográficas de seu artigo devem ser apresentadas em ordem alfabética e de acordo com a norma da ABNT – NBR 6023.

Siga os exemplos abaixo, sendo que as palavras em itálico são destaques meramente ilustrativos e não devem ser incluídos em seu manuscrito final:

Monografias, dissertações e teses:

PERES, Adriano; BARBI, Ivo; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Centro Tecnológico. Uma nova família de inversores com comutação suave empregando a técnica de grampeamento ativo, 2000. 162p, il. Tese (Doutorado).

Artigos científicos:

MOREIRA, T. Debate sobre software livre chega ao celular. Valor Econômico, São Paulo, 04 out. 2004. p. B4.

Internet:



MOURA, G. C. de M. **Citação de referências e documentos eletrônicos.** Disponível em: <<http://www.elogica.com.br/users/gmoura/refere.html>> Acesso em: 09 out. 1996.