

# Eletrocussão de Plantas - Capina elétrica

Maurilio Fernandes de Oliveira  
Sergio de Andrade Coutinho Filho

O sistema de eletrocussão de plantas baseia-se no contato direto dos eletrodos (condutor elétrico) aplicadores com a planta a ser controlada. Equipamentos para capina elétrica consistem em sistemas elétricos cujo objetivo é garantir a geração de quantidade de energia elétrica o suficiente para controlar uma ou mais plantas (Figura 1).

É importante considerar que, do ponto de vista físico, não é relevante a pergunta “se” a energia elétrica pode ser usada para controlar plantas, uma vez que qualquer ser vivo pode ser absolutamente exterminado dada apropriada quantidade de energia, não só pelo aquecimento direto (efeito joule), mas também pela dissociação molecular por eletrólise. Desta forma, as perguntas relevantes são: qual a máxima eficiência energética teórica desta prática que se traduz diretamente

no custo da atividade? E como fazer isso de maneira prática?

Esta tecnologia vem sendo desenvolvida através das últimas três décadas por empresas da iniciativa privada e por parcerias com instituições de pesquisa, culminando em uma gama de soluções tanto de aplicadores e aplicações, quanto de tecnologia eletroeletrônica.

O Brasil é pioneiro no desenvolvimento desta tecnologia em particular. A empresa que investiu nesta tecnologia não é mais de capital exclusivamente nacional. A empresa mantém fortes raízes na pesquisa e no desenvolvimento das partes mecânicas, elétricas e eletrônicas na instituição original e em seus parceiros, focando principalmente o uso agrícola.

## Eletrocussão de Plantas-Capina elétrica<sup>1</sup>



**Figura 1.** Fotos demonstrando a evolução tecnológica dos equipamentos em 1993 até 2012. Fotos: Concessão Zasso Brasil Indústria e Comércio Ltda.

<sup>1</sup> Eng.-Agrôn., D.Sc. em Produção Vegetal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG; Administrador de Empresas, CEO na Empresa Zasso Brasil, Indaiatuba, SP.

## Histórico

Um dos primeiros trabalhos brasileiros relevantes sobre o assunto foi uma dissertação de mestrado do Engenheiro Agrônomo Fernando Marques de Almeida, orientado pelo Prof. Dr. Flávio Abranches Pinheiro, na Unesp, em 1988 (Almeida, 1988).

Na época, as tecnologias utilizadas apresentavam baixa eficiência e limitadas a poucas variedades de espécies. O trabalho produzido foi pioneiro e o equipamento de capina elétrica mostrou claramente a possibilidade de evolução para a criação de um método eficaz. Trazendo isso para a realidade da evolução da eficiência energética destes sistemas, neste trabalho foram consideradas quantidades de energia entre 100 a 5.000 Joules como energia letal para plantas. Nas atuais tecnologias, a quantidade de energia caiu para uma amplitude prática de 50 a 1.000 Joules. Apesar da baixa eficiência energética e de aplicação, os sistemas apresentaram bons resultados práticos.

Embora sem qualquer aplicação comercial relevante até aquele momento, a tecnologia seguiu em evolução durante os anos consecutivos. Em 1993, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) desenvolveu um novo ensaio que atualizou o status da tecnologia, demonstrando inclusive que a umidade do solo, por determinar a resistência elétrica total do sistema e o consumo de energia que é realizado pelo solo e pelas plantas, influencia a eficácia do sistema. Esta comprovação de eficácia embasou o primeiro desenvolvimento tecnológico na forma de uma pessoa jurídica de direito privado, financiado e encabeçado por Satoru Narita, que fundou a então Sayyou do Brasil.

A partir deste momento, iniciou-se uma fase de desenvolvimento tecnológico contínuo, marcado pelo fomento de parcerias com outras empresas e institutos ligados ao desenvolvimento tecnológico agrícola.

Após anos de desenvolvimento, os esforços geraram uma nova tecnologia, a primeira que apresentava resultados consistentes com potencial comercial. Essa tecnologia se diferenciava das anteriores, principalmente, por ser aplicada em corrente contínua ao invés de alternada trifásica, o que permitia a construção de aplicadores com apenas dois eletrodos (ao invés de três). O uso de dois eletrodos, no lugar de três, é extremamente relevante. No caso

de aplicações trifásicas, se qualquer dos três polos fizer contato apropriado com o solo ou com as plantas a serem controladas, a qualidade da aplicação fica extremamente comprometida. Além disso, foram desenvolvidos métodos de supressão de faíscas através da aplicação pulsada da corrente contínua abrindo espaço para a aplicação “flip-flop”, direcionando toda a potência para segmentos individuais dos eletrodos. Esta tecnologia está descrita em detalhes na patente brasileira PI 0502291 de 30/05/05.

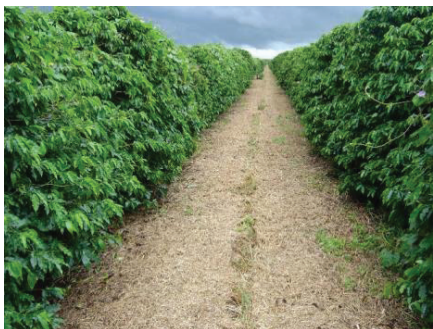
Em 2006, a Fundação Pró-Café aplicou a eletrocussão no controle de trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), espécie que apresentava resistência aos herbicidas comumente aplicados na região. A aplicação ocorreu em áreas de produção de café da fundação localizadas no Município de Varginha-MG, utilizando equipamento de 60KVA. A eletrocussão apresentou controle de até 95% da população de trapoeraba (Garcia et al., 2006). O trabalho de Garcia et al. (2006) foi relevante para demonstrar a não seletividade do sistema às plantas daninhas e ausência de efeito na cultura comercial. Após estes testes, foram realizados ajustes mecânicos para garantir um melhor contato entre os aplicadores e as plantas a serem controladas, em especial em casos de operação em lugares com solos com rugosidade superficial irregulares ou em áreas com topografia acidentada.

Dando continuidade ao desenvolvimento, após os ajustes foram realizados testes em uma lavoura de café da Fazenda Juá, em Patos de Minas-MG (Figura 2). A área em estudo estava infestada com as populações de plantas daninhas compostas por mono e dicotiledôneas antes da aplicação, e após a aplicação da eletrocussão apresentou expressivo controle.

As limitações das características físicas dos aplicadores daquele período reduziam o potencial de exploração comercial da tecnologia de eletrocussão. Mudanças aconteceram saindo do foco do desenvolvimento eletroeletrônico para o desenvolvimento de soluções mecânicas. Este novo foco culmina no desenvolvimento de aplicadores segmentados para aplicação nas entrelinhas de soja.

O trabalho de Brighenti e Brighenti (2009), verificou-se que o emprego de descarga elétrica foi eficiente no controle das plantas daninhas na cultura da soja. A rotação 2.200 rpm proporcionou o melhor controle e, conseqüentemente, a maior produtividade da cultura da soja. Neste caso, relaciona-se a rotação

do trator no momento da aplicação (diretamente relacionada à potência total). A conclusão é de que mais potência se traduz em mais eficácia de controle, sendo esta eficácia comparável ao método químico (aplicação de herbicidas).

**Antes:****Dia 1:****Dia 6:****Dia 24:**

**Figura 2.** Lavoura de café da Fazenda Juá, em Patos de Minas, mostrando a área antes da aplicação e o efeito da eletrocussão no controle de plantas daninhas 1, 6 e 24 dias após a aplicação. Fotos: Concessão Zasso Brasil Indústria e Comércio Ltda.

Em função destes novos desenvolvimentos e comprovações técnicas, a capina elétrica passa por um início de exploração comercial marcada pelos trabalhos técnicos e comerciais de empresas como a Gebana, que fomentou trabalhos sobre o potencial de rentabilidade da tecnologia. Esta nova realidade culmina em uma nova leva de trabalhos técnicos de cunho mais próximo do mercado, como o trabalho de Simonetti (2011), executado à revelia dos desenvolvedores das tecnologias e em parceria com instituições de pesquisa como o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e consumidores da tecnologia como a Gebana. Este trabalho foi relevante em especial por



causa da demonstração matemática de que, apesar da tecnologia do trabalho ser hoje relativamente obsoleta, não só era possível usar o método de forma economicamente viável, como, dentro dos parâmetros mercadológicos do momento da pesquisa, a forma de controle que mais gerava valor agregado por hectare era a de capina elétrica.

Com a combinação de comprovação tecnológica e da possibilidade real de viabilidade econômica, multiplicaram-se os esforços de desenvolvimento de novos aplicadores e aplicações nas mais diversas realidades e usos. Na Figura 3, são demonstrados os aplicadores de eletrocussão acoplados aos tratores para as áreas agrícola (A - citros, B - floresta, C - cana-de-açúcar e D - soja) e urbana (E), e o primeiro protótipo do equipamento manual (F).

Citros (A)



Floresta (B)



Cana-de-açúcar (C)



Soja (D)



Urbano (E)



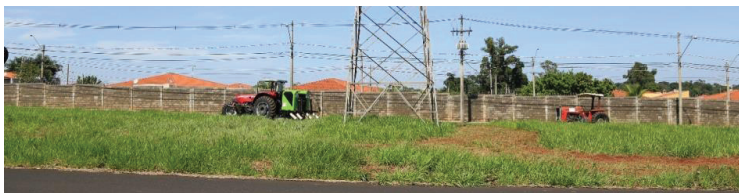
Primeiro equipamento manual de eletrocussão (F)



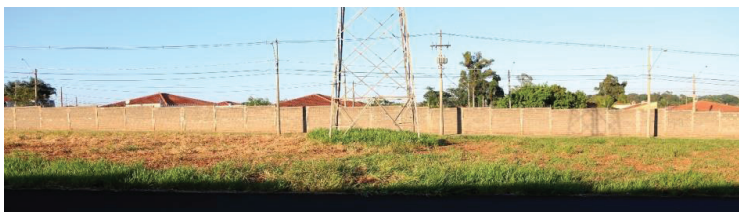
**Figura 3.** Protótipos de aplicadores para A - citros, B - floresta, C - cana-de-açúcar e D - soja, E - Urbano, F - equipamento manual. Fotos: Concessão Zasso Brasil Indústria e Comércio Ltda.

Após o início do desenvolvimento comercial da tecnologia, novos testes com aplicadores foram realizados com empresas parceiras e clientes, como a INOVA e a CPFL. Os testes executados objetivaram não só a comprovação da eficiência da eletrocussão e dos novos aplicadores, mas a comparação objetiva entre diferentes métodos de controle das plantas daninhas. Na Figura 4, encontra-se uma série fotográfica mostrando o efeito da eletrocussão e da roçada numa linha de transmissão da CPFL, em São José do Rio Preto. Nesta figura observa-se o efeito da eletrocussão no controle da braquiária mais acentuado até 21 DAA.

|       |              |        |
|-------|--------------|--------|
| Dia 0 | Eletrocussão | Roçada |
|-------|--------------|--------|



|        |              |        |
|--------|--------------|--------|
| Dia 10 | Eletrocussão | Roçada |
|--------|--------------|--------|



|        |              |        |
|--------|--------------|--------|
| Dia 20 | Eletrocussão | Roçada |
|--------|--------------|--------|



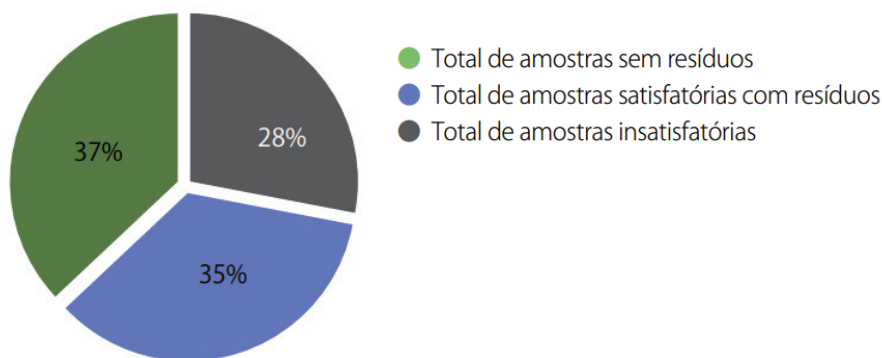
**Figura 4.** Imagem comparativa entre eletrocussão (capina elétrica) e roçada em área urbana (abaixo de linha de tensão) 1 dia após aplicação (DAA), aos 11 e 21 DAA. São José do Rio Preto, Área de domínio da CPFL SJRP. Fotos: Concessão Zasso Brasil Indústria e Comércio Ltda.



## Implicações relativas à responsabilidade social

O método elétrico de capina não apresenta qualquer tipo de contaminação, seja do ambiente ou humano, uma vez que não utiliza qualquer tipo de químico no processo, apenas o meio físico de eletrocussão.

Em contrapartida ao método elétrico, que não apresenta riscos de intoxicação, os herbicidas são reconhecidamente responsáveis por problemas à saúde dos usuários. Estes problemas podem surgir como intoxicação aguda ou crônica, tanto no consumo de produtos contaminados, quanto no caso de intoxicação direta no manuseio destes químicos. A presença indevida destes químicos na alimentação, em nível alarmante em amostras, é descrita pela Anvisa (Figura 5). Existe presença de agrotóxicos em níveis inaceitáveis para consumo humano.



**Figura 5.** Distribuição (% do total de amostras) de classes de amostras de alimentos quanto à contaminação por agrotóxicos. Fonte: Carneiro et al. (2015).

Por causa destes problemas, os países de uma maneira geral vêm buscando alternativas ao uso de herbicidas. Isto torna os meios de controle de plantas daninhas não químicos cada vez mais atrativos.

## Implicações relativas à sustentabilidade ambiental

Não há qualquer tipo de resíduo químico no uso da capina elétrica, uma vez que o controle ocorre por processo físico. Formas alternativas de capina

que não usam herbicidas apresentam vantagens ambientais em relação ao destino dos herbicidas no solo e na água. A consequência do uso dos herbicidas gera problemas como:

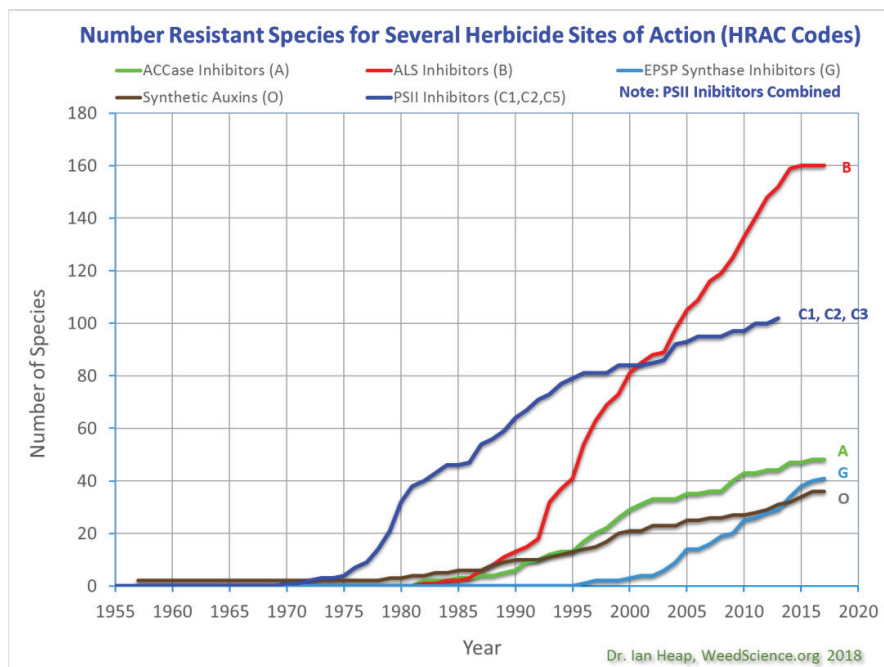
Contaminação do lençol freático pela molécula principal ou metabólitos

- Influência na vida aquática
- Persistência no solo
- Influência na biota do solo
- Desequilíbrio da cadeia alimentar

As consequências da aplicação de herbicidas no meio ambiente estão amplamente documentadas em uma grande gama de trabalhos, a exemplo da publicação *Herbicides and Amphibian Populations* (Shirk, 2010). Esta contaminação presente em todos os sistemas aquáticos de superfície é um grave problema ambiental, uma vez considerada sua toxicidade para plantas e outros organismos aquáticos.

## **Exemplo de uso da tecnologia em plantas resistentes a herbicidas**

Desde o advento dos herbicidas, diferentes espécies de plantas daninhas foram selecionadas para algum tipo de resistência, reduzindo drasticamente a eficiência de controle de alguns herbicidas (Figura 6). O uso contínuo de diversos tipos de princípios ativos, combinado com a produção de plantas geneticamente modificadas com resistência a herbicidas, promove o desenvolvimento de plantas com resistência múltipla. Métodos alternativos de capina, como a tecnologia de eletrocussão, é opção para áreas com populações resistentes.



**Figura 6.** Evolução da resistência das espécies de plantas daninhas por grupo químico. Fonte: Heap (2018).

A expectativa futura, baseada na simples evolução das espécies, é de que exista continuidade e aceleração no desenvolvimento de novas plantas resistentes a herbicidas:

*“Plantas daninhas são espécies que se adaptam ao ambiente e às práticas agrícolas utilizadas e seguem a teoria de Darwin, que fala sobre a sobrevivência dos indivíduos mais aptos. São integrantes da natureza e não é fácil eliminá-las. O que se observa, desde que a soja começou a se desenvolver comercialmente no Brasil, é que existe mudança de importância das espécies na comunidade infestante. Mas elas continuam.*

*Exemplos podem ser dados como o capim-marmelada, cuja importância diminuiu nesse contexto, ou com a buva e o capim-amargoso que, de plantas de pouca importância no passado, hoje representam uma grande preocupação para muitos” (Gazziero et al., 2011).*

Como a capina elétrica é novo modo de ação, não há descrição de plantas resistentes à eletrocussão. Não houve tempo para a seleção de plantas com mecanismos de resistência à passagem de corrente elétrica ou que a suportem, por exemplo. É possível argumentar que não se espera resistência absoluta à eletrocussão. Sendo método físico de uso recente, não encontramos plantas que apresentem resistência.

A tecnologia foi utilizada para a solução específica do problema de plantas resistentes ao herbicida glifosato, neste exemplo, o da buva (*Conyza* spp.), em outubro de 2013. O equipamento foi adquirido pela Prefeitura de Santo Cristo-RS em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Agrário (Figura 7). Esta espécie foi altamente sensível a esta tecnologia (Figura 8). Possível motivo para alta eficiência de controle pode ser a grande relação entre estrutura foliar sobre estrutura radicular.



**Figura 7.** Reportagem em Santo Cristo, RS, noticiando o uso da eletrocussão. Fotos: Jornal Tribuna Livre, 11 de outubro de 2013 – Concessão Zasso Brasil Indústria e Comércio Ltda





**Figura 8.** Controle de buva por eletrocussão em Santo Cristo-RS. Fotos: Concessão Zasso Brasil Indústria e Comércio Ltda

## Efeito imediato

O efeito da aplicação desta tecnologia é imediatamente visível. Este fato tem sido melhor observado em plantas com grande estrutura foliar e estruturas radiculares relativamente pequenas.

Ao contrário dos herbicidas, que em geral deixam na planta sintomas alguns dias após a aplicação, no caso do uso da eletrocussão eles são visíveis de imediato. Esta característica do método apresenta como vantagem a possibilidade de entrada imediata de pessoas na área após aplicação em razão da ausência de contaminantes. Isto permite a execução de outros processos no campo em menor intervalo de tempo após a capina. Por esta característica da técnica, a eletrocussão pode ser utilizada com sucesso no controle de plantas daninhas em áreas urbanas (Figura 9).

### Fatores de influência operacional na eficácia da capina elétrica

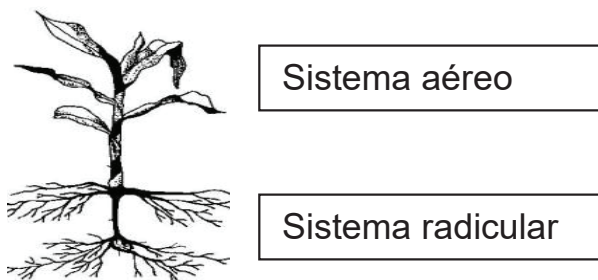
Embora seja clara a evolução dos aplicadores desde o depósito da patente em 1994 (PI 9203620 de 22/03/94), que descrevia o uso de eletrodos aéreos,

não observamos durante este período consenso ou entendimento apropriado de como as diferentes resistências elétricas (solo, sistema aéreo e sistema radicular das plantas) influenciavam na eficácia da tecnologia. Adicionalmente, diferentes soluções de eletrodos poderiam mitigar eventuais problemas e, principalmente, otimizar o uso da energia elétrica no controle das plantas.



**Figura 9.** Uso da eletrocussão no controle de plantas daninhas em áreas urbanas. Fotos : Efeito imediato do primeiro equipamento de Capina Elétrica – Concessão Zasso Brasil Indústria e Comércio Ltda

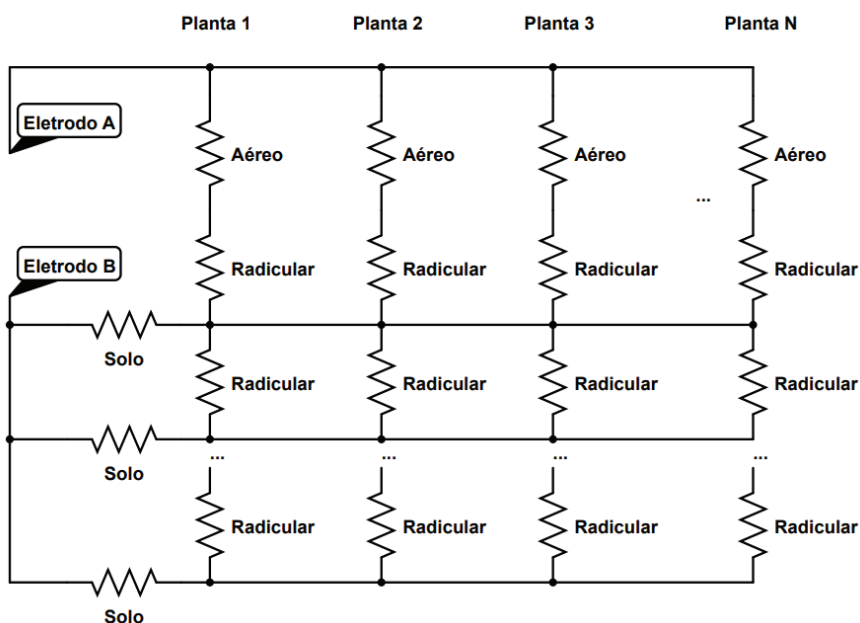
Do ponto de vista elétrico, a planta pode ser vista como um sistema resistivo dividido em duas partes principais, o sistema aéreo e o sistema radicular.



Em um sistema simplificado de dois eletrodos, onde um eletrodo está em contato direto com o solo e o outro eletrodo em contato com N plantas em paralelo, descreveremos as situações:

O sistema aéreo pode ser considerado como uma única resistência.

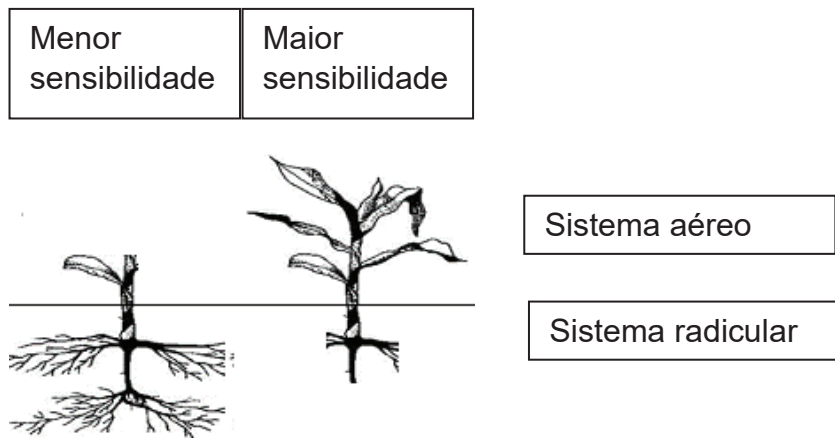
O sistema radicular pode ser considerado como uma série de resistências ligadas a outra resistência, o solo, da seguinte maneira (Figura 10):



Considerando a Figura 10:

1. Eficácia satisfatória é aquela na qual existe suficiente energia para controlar o sistema radicular em profundidade, de maneira a evitar rebrota
2. Tensão = resistência \* corrente
3. Potência elétrica (aparente): tensão \* corrente
4. Energia elétrica (aparente): potência \* tempo de exposição
5. A resistência é inversamente proporcional à área de corte ou contato (cross section)
6. A área externa da planta cresce aproximadamente ao quadrado da altura
7. O volume interno da planta cresce aproximadamente ao cubo da altura

Com apenas este simples modelo resistivo e as premissas acima, é possível deduzir, mesmo sem o uso de provas matemáticas complexas, uma série de afirmações relevantes para a construção adequada de sistemas de capina elétrica, especialmente de aplicadores. Na sequência estão apresentados dois modelos de plantas comumente encontradas no campo com relação à parte aérea e ao sistema radicular.



A partir deste modelo, descrevem-se as possibilidades:

1. Quanto menor for o sistema aéreo, menor será a 'captação' de energia, pois a área de contato com os eletrodos será menor.

2. Quanto maior for o sistema radicular, mais energia será necessária para uma boa eficácia, pois a energia 'captada' pelo sistema aéreo será mais diluída pela área.
3. Quanto maior a relação volume do (sistema aéreo/ volume do sistema radicular), maior a sensibilidade desta planta ao controle por eletricidade.
4. A altura das plantas no momento do controle tem uma influência mais do que proporcional na quantidade de energia para atingir uma eficácia de qualidade, pois o que se quer controlar é o volume interno de matéria viva das raízes que cresce, aproximadamente, ao cubo da altura.
5. Caso um único eletrodo entre em contato com diversas plantas ao mesmo tempo, a energia consumida por cada uma é diretamente relacionada com a área de contato – o que faz com que um aplicador segmentado possa ser a melhor opção para garantir uniformidade de eficácia caso o volume de plantas a ser eletrocutado ao mesmo tempo seja relativamente alto.
6. Uma maior resistência do solo faz com que mais energia percorra até partes mais profundas das raízes, pois menos energia será diretamente captada pela superfície do solo.
7. Uma maior resistência do solo faz com que se perca mais energia no aquecimento do solo.
8. Um acréscimo na distância entre os eletrodos faz com que a diferença da resistência do solo entre a parte superior e inferior da raiz seja menor, garantindo assim maior penetração da energia no sistema radicular em profundidade.
9. Um acréscimo na distância entre os eletrodos aumenta a resistência total do solo (proporcional à distância), fazendo com que mais energia seja desperdiçada, aquecendo o solo através do efeito joule.

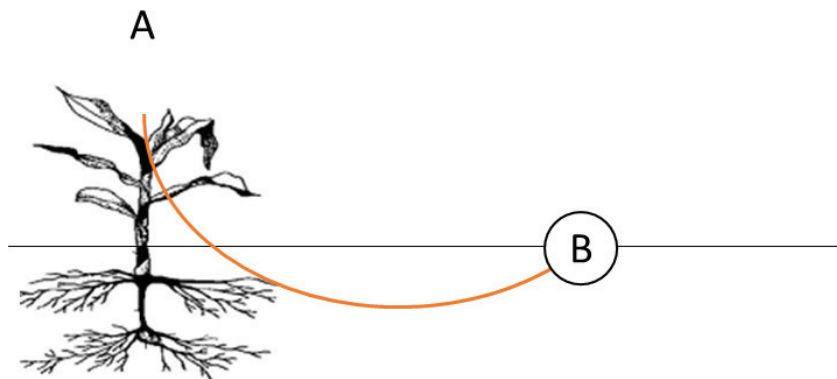


10. A combinação de dois eletrodos aéreos faz com que as plantas sejam eletrocutadas duas vezes, dobrando a energia consumida pelo sistema aéreo – como a energia consumida pelo sistema radicular depende de outros fatores como a distância entre eletrodos, volume e profundidade das raízes, resistência elétrica do solo, etc., não se pode fazer a afirmação de que eletrodos aéreos garantam que, necessariamente, mais energia seja consumida pelo sistema radicular.

Em razão destas evidências, foi desenvolvida uma série de eletrodos buscando maximização da eficácia para cada realidade específica. Evidentemente, as opções demonstradas na sequência são alguns exemplos:

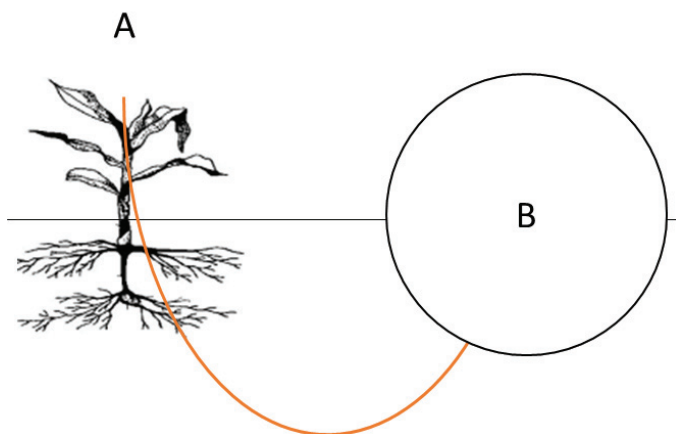
**Caso 1.** Eletrodo de contato com a planta-alvo aéreo (A) e Eletrodo de contato com o solo (B) superficiais ou de baixa profundidade

Eletrodos superficiais ou de baixa profundidade movimentam pouco ou nada da superfície do solo e podem ser a melhor opção em casos de plantas pequenas e/ou sem raízes profundas.



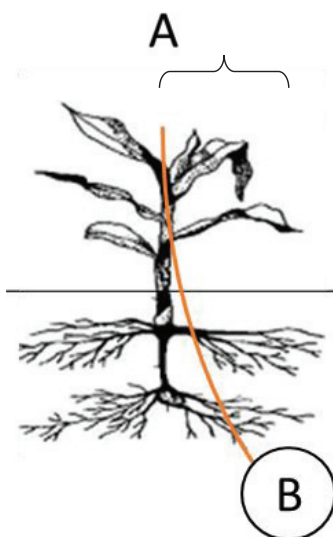
**Caso 2.** Eletrodos profundos

Eletrodos profundos ou subterrâneos podem ser a melhor opção para o controle de plantas com raízes profundas. Dependendo do desenho, apesar da profundidade, as raízes superficiais podem estar mais próximas do eletrodo, fazendo com que pouca energia seja consumida pelas raízes profundas, apesar da profundidade dos eletrodos. Estes eletrodos também têm o ônus inerente de um desgaste maior e de movimentar maior quantidade de solo.



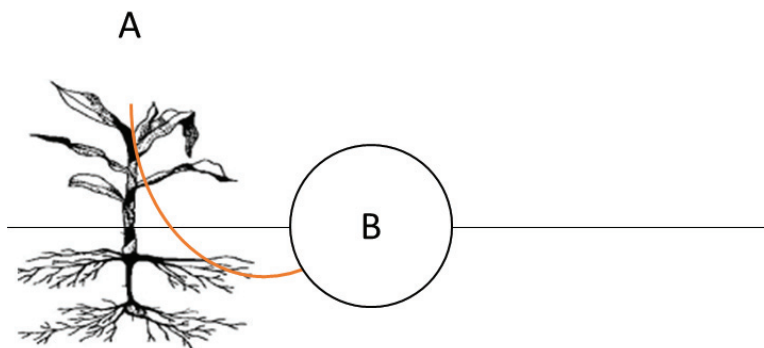
**Caso 3.** Eletrodo de contato com a planta-alvo aéreo (A) e Eletrodo de contato com o solo (B) subterrâneos

Os eletrodos subterrâneos têm a vantagem de garantir consumo de energia de raízes mais profundas, além de permitir que os eletrodos estejam próximos (d), fazendo com que a energia perdida no solo seja mínima. Todavia, esta composição de eletrodos exige que exista uma isolação do suporte que leva 'B' abaixo das raízes e movimenta uma quantidade significativa de solo, criando desafios mecânicos.

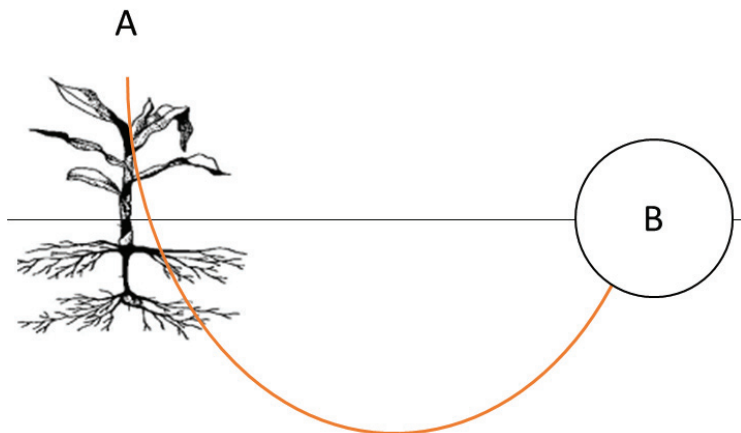


**Caso 4.** Eletrodos aéreos (A) e de contato com o solo (B) próximos

Eletrodos próximos são de fácil construção, garantem que pouca energia seja perdida no solo, mas não são indicados para casos de controle de grandes plantas, pois pouca energia será consumida pelas raízes mais profundas e ainda podem existir problemas de isolamento e/ou ambos eletrodos tocarem a parte aérea da mesma planta, fazendo com que a energia consumida pelas raízes seja próxima de zero.

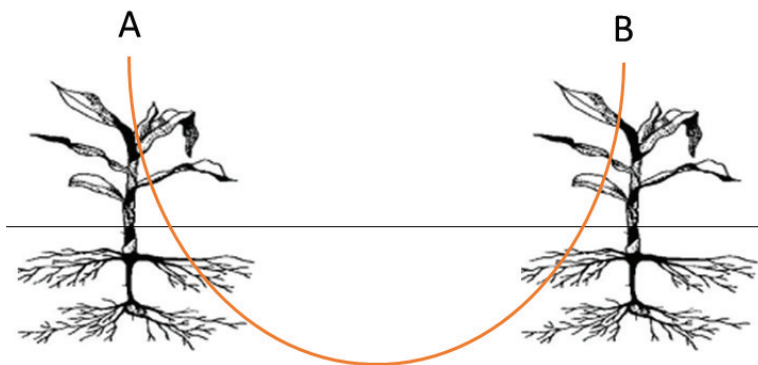
**Caso 5.** Eletrodos aéreos (A) e de contato com o solo (B) distantes

Eletrodos distantes garantem que mais energia seja consumida pelas raízes (desde que a resistência do solo seja maior do que a das raízes), mas também aumenta significativamente as perdas de energia consumida pelo solo.



**Caso 6.** Ambos os eletrodos (A e B) aéreos em um sistema planta-planta

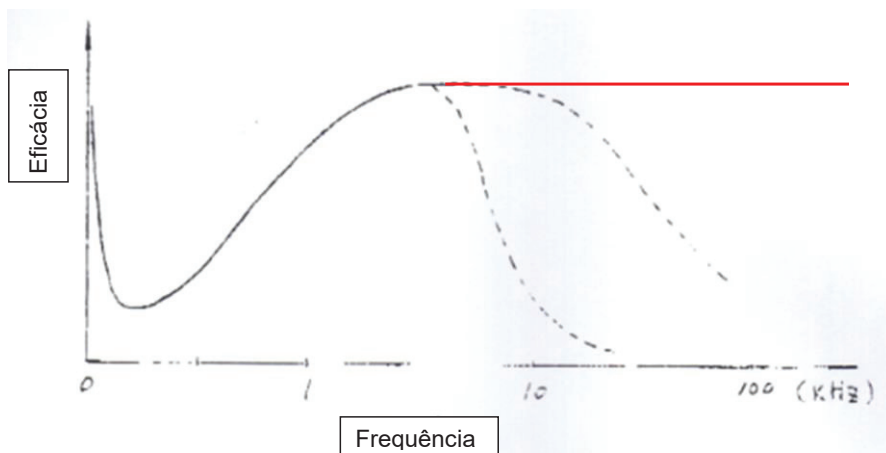
Eletrodos planta-planta funcionam como eletrodos de superfície, mas com a vantagem de dobrar o consumo de energia do sistema aéreo das plantas todas e, potencialmente, aumentar o consumo de energia do sistema radicular. Todavia, ele pode mudar a resistência total do sistema e/ou não atingir da forma desejada o sistema radicular mais profundo, dependendo da distância entre os eletrodos e a resistência elétrica do solo.



## Desenvolvimentos tecnológicos recentes

Com os recentes desenvolvimentos tecnológicos em eletrônica de potência e do desenvolvimento de semicondutores de alta potência e performance (transistores de carboneto de silício e similares) tornou-se possível o desenvolvimento de equipamentos inerentemente eletrônicos de alta frequência e alta potência.

O potencial do uso de alta frequência já é explorado na patente japonesa 19991130 de 1992 (Figura 11), e expandido nas patentes brasileiras BRPI 10 2013 007771 2, BRPI 13 2013 011208 8, PI BR102013007771-2 e BRPI 13 2013 011223 1 de 2013, que contemplam, inclusive, o uso desta tecnologia miniaturizada em equipamentos manuais, que se tornaram realidade em 2017.



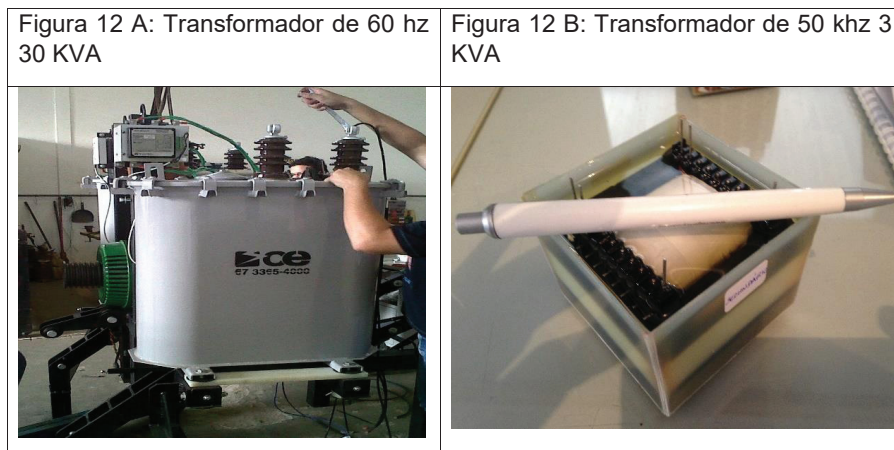
**Figura 11.** Modelo que descreve a eficiência em função do aumento da frequência registrada na patente japonesa de 1992 (Japan Patent Office, 1992).

O uso de alta frequência nos equipamentos de capina elétrica é de imensa importância para a sua adoção no mercado, pois proporciona maior eficiência energética, menor peso e a possibilidade de agregar outros valores no uso – como o tempo dos ciclos é menor e, necessariamente, existe um microcontrolador (PIC) e um registrador de dados (datalogger) instalado no sistema, é possível executar medições telemétricas em tempo real, permitindo um potencial mapeamento geográfico de variáveis como umidade do solo, condutividade elétrica do solo, quantidade de plantas presentes por área, tamanho das plantas presentes, mapeamento da distribuição das plantas presentes na área, entre outros. Apesar da queda imaginada e retratada na patente JP 19991130 de 1992, experimentos recentes mostraram que na realidade a curva de eficiência se mantém próxima da mesma eficiência máxima da corrente contínua (representada como o '0' do eixo 'x' no gráfico Figura 11), conforme a linha vermelha. À época era praticamente impossível atingir estes parâmetros elétricos, de forma que isso só pode ser comprovado recentemente, conforme informação cedida pela Zasso Brasil Indústria e Comércio de Máquinas LTDA.

Além de mudar toda a topologia elétrica, a redução de peso se deve à dispensa de uma série de componentes tradicionais, mas principalmente à redução do peso dos transformadores. O volume dos transformadores é aproximadamente (ganhos marginais decrescentes) inversamente proporcional à frequência,



desta forma, os ganhos são excepcionalmente grandes quando se passa do intervalo tradicional de frequência de 60hz (Figura 12 A) para os intervalos proporcionados por estes avanços, que podem chegar à casa de dezenas de milhares de hertz (10-1.000khz) (Figura 12 B). Todavia, estes avanços criam uma série de novos desafios relacionados a problemas inerentes ao uso deste tipo de tecnologia, como a necessidade de controle de harmônicas e do controle do fator de potência.



**Figura 12.** Comparação de tamanho de mesma tensão. Fotos: Concessão Zasso Brasil Indústria e Comércio Ltda.

Além destas vantagens, a construção destes sistemas com frequências altas (acima de 1khz) torna possível uma gama de melhorias e valores adicionados ao serviço como a supressão de faíscas para evitar o risco de incêndio (ele ainda existe em alguns casos de capina elétrica) e o georreferenciamento de atributos do solo e do alvo (plantas daninhas). Umidade, condutividade elétrica, quantidade de plantas, distribuição física das plantas e tamanho das plantas podem ser inferidos através dos resultados das variáveis elétricas, uma vez que uma mudança em qualquer destas variáveis influencia os parâmetros elétricos e, em especial, a resistência elétrica do sistema entre outros.

## Considerações finais

O desenvolvimento tecnológico da eletrocussão tem sido realizado principalmente no Reino Unido e no Brasil, por empresas privadas, porém tem se estendido algumas partes da Europa e dos Estados Unidos.

O sucesso comercial da eletrocussão iniciou-se apenas nos anos recentes, apesar de encontrarmos referências bibliográficas do desenvolvimento tecnológicos desde a década de 1950.

O início da expansão comercial se dá, principalmente, em culturas orgânicas e soluções alternativas para a capina urbana, rodoviária, ferroviária, jardinagem e outras. Mas, recentemente, observamos casos em que a redução de custo e o valor agregado da tecnologia supera o uso de herbicidas, mesmo em cultivos convencionais. Além disso, a tecnologia oferece vantagens relativas aos outros métodos não químicos: eficácia superior à roçada e custo próximo ao da aplicação de herbicidas.

Comparativamente a outros métodos não químicos:

Proporciona o controle potencial do sistema radicular, ao contrário de algumas formas de crio-controle, flamejador (flaming) e micro-ondas e laser;

É intrinsecamente mais energeticamente eficiente do que soluções como micro-ondas e laser, uma vez que o uso de energia elétrica é direto;

Não proporciona emissões químicas, problemas de deriva e tem risco reduzido de incêndio se comparada ao flamejador (flaming).

Sendo considerada uma tecnologia limpa e amparada pelas diretrizes dos órgãos reguladores de produção orgânica, a eletrocussão é uma opção real e viável dentro de segmentos do mercado de controle de plantas daninhas, podendo ter seu escopo aumentado, dependendo dos avanços tecnológicos.

Pelas diferentes vantagens, desvantagens e características próprias de diferentes métodos de capina, é possível argumentar que a disponibilidade de tecnologias diversas para o manejo de plantas daninhas será muito positiva para o mercado.

## Referências

ALMEIDA, F. M. de. **O uso de descarga elétrica no controle de plantas daninhas**. 1988. 133 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 1988.

BRIGHENTI, A. M.; BRIGHENTI, D. M. Controle de plantas daninhas em cultivos orgânicos de soja por meio de descarga elétrica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2315-2319, nov. 2009.

CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. da S.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. (Org.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde João Venâncio: São Paulo: Expressão Popular, 2015. 623 p.

GARCIA, A. W. R.; FAGUNDES, A. V.; JAPIASSÚ, L. B. **Relatório do estudo da eficiência e condições de controle do mato em cafezal, através de sistema elétrico**. Varginha: Fundação ProCafé, 2006.

GAZZIERO, D.; ADEGAS, F.; VARGAS, L.; VOLL, E.; KARAN, D.; FORNAROLLI, D. Evolução da resistência. **Cultivar**, v. 13, n. 146, p. 3-4, jul. 2011. Caderno técnico.

HEAP, I. **International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

JAPAN PATENT OFFICE. **19991130**: comprehensive, demonstrates how frequency of the current affects efficiency. Tokyo, 1992.

SANKARAN, C. **Transformers, effects of harmonics on power systems**. Renton: [s.n.], 1999.

SHIRK, Z. **Herbicides and amphibian populations**. 2010. 38 f. *Monografia (Graduação)* - University of Nebraska, Lincoln, 2010. (Environmental Studies Undergraduate Student Theses, 29).

SIMONETTI, D. **Avaliação de custos e rentabilidade entre sistemas de produção de soja**. Londrina: IAPAR, 2011.

## Literatura Recomendada

APPLICATION note 42047: Power Factor Correction (PFC) basics. Sunnyvale: Fairchild Semiconductor, 2004.

ENSAIO do Eletroherb: aparelho eliminador de ervas. Indaiatuba: Sayyou Brasil, 1993.

HUBER, J. E.; KOLAR, J. W. Volume/weight/cost comparison of a 1 MVA 10 kV/400 V solid-state against a conventional low-frequency distribution transformer. **IEEE**, p. 4545-4552, 2014.

POWER Factor Correction (PFC) handbook. Phoenix: ON Semiconductor, 2007.

## Patentes relacionadas

Brazil MU 7700561-9 of 19/03/97 and US 1419429 of 10/02/72: Microwave use of electricity for weeding

French FR 8000477 of 10/01/80, US 4198781 of 22/04/80, German 2328705 of 06/06/73, Brazil PI 8403451 of 11/07/84: Use of liquids to enhance contact for electrical weeding.

European 0026248 of 28/09/79: Electrical weeding in railroads.

French 8016340 of 24/07/80: Differentiated electrodes

US 4257190 of 24/03/81, with European extension 0027440 of 10/10/80: between lines electrodes.

French FR 9714315 of 14/11/97 and Canadian 1196.318 of 30/06/82: Use of electricity or hot fluid heated by an electric resistance to kill the plant's leaf system.

Brazilian PI 8505970 of 21/11/85: Air electrode & Earth electrode.

Japanese 19991130 of 1992: Comprehensive, demonstrates how frequency of the current affects efficiency, 1992.

Brazilian PI 9305305 of 10/12/93: Use of exhaustion gases to contain potential fire hazard.

Brazilian PI 9203620 de 22/03/94: Use of two air electrodes.

WO 98/07314 of 16/08/96: Earth-earth electrode to kill seeds and sterilize the soil.

US 5806294 of 15/09/98: Blade electrodes.

Brazil PI 0201565 of 11/04/02: Alternator and transformer controlled by IT system.

Brazil PI 0502291 of 30/05/05: Electronic commutation of multiple electrodes.

Brazil BR 10 2013 007771 2 of 01/04/2013: Use of frequency converters for manual electrical weeding equipments.

Brazil BR 13 2013 011208 8 Additive to PI BR102013007771-2: Use of high frequency for manual electrical weeding.

Brazil BR 13 2013 011222 3: Capacitive electrical manual equipment for weeding.

BR 13 2013 011223 1 Additive to PI BR102013007771-2: Use of high frequency converters in an equipment to kill weeds in higher volumes.

UK WO2016016627A1 - Apparatus and method for electrically killing plants (potential conflict with the Brazilian patents.

Esta publicação está disponível no endereço:  
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45  
Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31) 3027-1100  
Fax: (31) 3027-1188  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**1ª edição**

*Formato digital (2018)*



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento    Governo  
Federal

**Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável**

Presidente

*Sidney Netto Parentoni*

Secretário-Executivo

*Elena Charlotte Landau*

Membros

Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria  
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira  
Simeone, Roberto dos Santos Trindade e  
Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto

*Antonio Claudio da Silva Barros*

Normalização bibliográfica

*Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)*

Tratamento das ilustrações

*Tânia Mara Assunção Barbosa*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica

*Tânia Mara Assunção Barbosa*

CGPE 14824