

CAPÍTULO 8

Plano de Recuperação de Áreas Degradadas: manejo agroecológico da irrigação e uso de águas residuárias

Augusto Melo Moulin Breda, Priscila da Silva Lacchine, Maurício Novaes Souza, Hilton Moura Neto, Credigar Gonçalves Moreira, Dayvson Dandi Rodrigues, Fábio Gomes Zampieri, Cristiano de Oliveira, Gislane Souza Santos, Vinicius Sabadim Saraiva

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c8>

Resumo

São crescentes as pesquisas que envolvem a recuperação de ambientes degradados com foco no restabelecimento da sua funcionalidade produtiva e ambiental. No entanto, a elaboração de um estudo específico que apresente dados reais da área e descreva de forma clara a metodologia a ser empregada com as respectivas justificativas, é um componente essencial para determinar o sucesso dos procedimentos de recuperação. Nesse sentido, a elaboração de um Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD, além de fornecer dados técnicos elaborados por profissionais devidamente habilitados, orienta como promover a recuperação daquele ambiente ou agroecossistema para que ele volte a ter suas funções ambientais restabelecidas. O PRAD é o documento de planejamento utilizado e solicitado pelos órgãos ambientais como ferramenta legal para promover a recuperação de áreas que sofreram impactos ambientais. No entanto, muitas técnicas de recuperação são dispendiosas e, no caso do pequeno produtor rural, pode inviabilizar sua execução. A utilização de técnicas com o manejo agroecológico do solo no PRAD torna-se uma alternativa viável do ponto de vista técnico e econômico: além do foco na recuperação do solo, a escolha das espécies vegetais é baseada na sua capacidade de crescimento em condições adversas. Por intermédio desse manejo irá ocorrer a associação entre planta e microrganismos presentes no solo: permite que a planta tenha crescimento mais rápido mesmo com reduzida disponibilidade de nutrientes, em função do aporte de matéria orgânica (MO) e da proteção do solo à sua exposição direta. No entanto, o déficit hídrico durante a execução do plantio eleva os custos da sua implantação em decorrência da necessidade de replantio. Dessa forma, a fertirrigação com a utilização de águas residuárias surge como uma alternativa capaz de acelerar o processo de recuperação do ambiente: além da disponibilização de água, serão ofertados nutrientes que auxiliarão o desenvolvimento da planta e a recuperação

do solo. No entanto, o uso dessas técnicas sem critérios adequados pode acarretar em sérios danos ambientais, aumentando a degradação da área, gerando mais impacto ambiental e elevando os custos para o produtor rural. Este trabalho busca destacar a importância da elaboração do PRAD, contemplando a utilização de técnicas ligadas à agroecologia, com a utilização da irrigação para promover a recuperação ambiental do ambiente, reestabelecer suas funções e contribuir para o desenvolvimento sustentável da propriedade.

Palavras-chave: Recuperação Ambiental. Manejo agroecológico. PRAD. Irrigação. Impacto Ambiental.

1. Introdução

O estudo de técnicas para a Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) pode se desenvolver de várias formas. Todos os métodos sempre buscam minimizar a intervenção antrópica, podendo em alguns casos promover a reabilitação de um ambiente cujas funções ecológicas foram perdidas há muito tempo. O sucesso e a efetivação da RAD irão depender essencialmente dos estudos feitos anteriormente à sua implantação: a elaboração de um cenário pré-degradação é essencial na estruturação de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). O PRAD é um documento que deve conter uma série de requisitos que servirá de base na execução, acompanhamento e monitoramento de uma área degradada. Deve ser elaborado e acompanhado por profissional técnico devidamente habilitado para tal função (SOUZA, 2021). No entanto, para que ocorra o sucesso na execução de um PRAD, alguns fatores devem ser levados em consideração no seu escopo, além de uma metodologia eficiente que considere: as características da área na qual será implantado, a escolha das espécies para o plantio, as características do ecossistema local, o clima, o relevo, as características do solo e a sua condição atual - a análise desses fatores contribuirá para o sucesso da restauração do ambiente.

Além disso, quando se desenvolve um PRAD é possível buscar alternativas que agilizem o processo de recuperação ambiental de uma determinada área, independentemente da degradação ter ocorrido pelo uso inadequado do solo pela agricultura convencional ou até mesmo pelo uso industrial. A utilização de seleção das espécies vegetais com desenvolvimento fisiológico acelerado e a manutenção da vegetação rasteira e gramíneas para

evitar a exposição do solo, colaboram na recuperação da vegetação com o plantio de espécies nativas, na conservação e recuperação dos corpos hídricos e do solo e no retorno da fauna para a região (CAU, 2019; SOUZA, 2021).

Outro fator extremamente importante é a água: elemento crucial para o desenvolvimento dos vegetais. Na sua ausência, o vegetal não conseguirá realizar suas funções fisiológicas, o que acarretará a sua morte. Embora na elaboração do PRAD sempre se preveja a execução do plantio em meses chuvosos, devido às mudanças climáticas os meses longos de estiagem podem comprometer todo plantio: neste caso, o uso da irrigação pode ser uma prática determinante para o sucesso da recuperação ambiental daquela área. A irrigação é uma prática crescente nas propriedades rurais. Aumenta a produtividade das culturas e reduz o risco de perdas em função de intempéries climáticas. Também, estimula a geração de emprego e renda estáveis. No entanto, quando praticada sem manejo adequado, pode promover uma série de impactos e externalidades ambientais negativos (SOUZA, 2015). O fato é que a crise de água atingiu muitas regiões do planeta e os conflitos resultantes de seu uso múltiplo redobram-se. De acordo com esse mesmo autor, praticamente 70% da água doce utilizada é para irrigação, a maior parte inadequadamente, sem os devidos cuidados de conservação dos recursos solo e água: o uso de novas tecnologias e o manejo da irrigação pode reduzir de 30 a 70% o consumo de água.

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação - fertirrigação - é uma tecnologia que vem sendo utilizada com sucesso em muitos sistemas de produção. Apesar de ser uma técnica antiga, sua grande expansão está associada ao desenvolvimento e utilização de sistemas de irrigação mais tecnificados, onde se aplica a água com alta eficiência, como é o caso da irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) e do pivô central (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

De acordo com esses mesmos autores, o adequado manejo da água e fertilizantes foi identificado como a mais importante contribuição na estratégia necessária para direcionar os problemas relativos à escassez de água e à prática da agricultura intensiva. O aumento da eficiência do uso da água e dos fertilizantes constitui o principal fator para aumentar a produção de alimentos, reverter processos de degradação do solo ou evitar danos irreversíveis,

permitindo a sustentabilidade do ambiente em procedimentos de recuperação a uma nova função produtiva.

Nesse contexto, a fertirrigação e o uso de águas residuárias vêm sendo uma alternativa viável quando disponível na propriedade - além de evitar a retirada de água de um determinado manancial ou do lençol freático, é uma técnica de disposição/tratamento de água residuárias, que apresenta viabilidade ambiental de aplicação no solo. Permite a reciclagem de água e dos nutrientes exportados com baixo investimento (custo oscila entre 30% a 50% do custo do tratamento convencional), pequeno custo de operação e baixo consumo de energia no processo (Figura 1).



Figuras 1. Sistemas de fertirrigação por gotejamento e microaspersão. Fonte: Mantovani; Bernardo; Palaretti (2009).

Embora muitas vezes esquecido, o solo merece toda a atenção na elaboração de um PRAD: é a peça-chave na recuperação ambiental - é dele que a planta retira a água e os nutrientes para a sua sobrevivência e desenvolvimento. O solo no sistema convencional de produção não recebe destaque, ficando por vezes exauridos, o que dificulta a sua recuperação. O desenvolvimento de técnicas agroecológicas pode facilitar nessa recuperação, permitindo a melhoria na qualidade física e química desse solo, promovendo a sua recuperação ambiental em prazos mais curtos e com menor custo para o agricultor.

Dessa forma, este estudo tem por objetivo verificar como a utilização de manejo agroecológico, associado às técnicas adequadas de irrigação podem contribuir para o sucesso da execução de um Plano de Recuperação de Área

Degradada. Para tanto, foi realizada pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo. A hipótese desta pesquisa é a de que o manejo agroecológico, junto com técnicas de manejo adequado para implantação da irrigação, contribui na melhoria dos programas de recuperação de áreas degradadas.

2. Introdução ao manejo agroecológico na recuperação de áreas degradadas

A Agroecologia vem sendo confundida com a Agricultura Orgânica. A agroecologia é uma ciência, que segundo Assis; Romero (2002) busca o entendimento do funcionamento de agroecossistemas complexos, bem como as suas diferentes interações. A agricultura orgânica se refere a uma prática cultural, onde se busca utilizar de forma racional os recursos naturais, empregando métodos de cultivos tradicionais e as mais recentes tecnologias ecológicas (PENTEADO, 2001).

No entanto, ambas possuem como mote de pesquisa o caráter de alternativas à agropecuária convencional, como pode ser verificado o uso de métodos alternativos no controle de pragas e doenças (VENZON *et al.*, 2016). Outra característica em comum entre a Agroecologia e a Agricultura Orgânica é a busca pelo desenvolvimento sustentável, tanto no que diz respeito ao desenvolvimento econômico quanto à sustentabilidade do próprio agroecossistema (BARBOSA *et al.*, 2020).

Divergem ambas as áreas no que tange aos paradigmas e características produtivas e sociais: enquanto a Agricultura Orgânica se ampara no paradigma da Ciência do Solo, não privilegia o redesenho do sistema produtivo e segue a lógica das organizações empresariais, a Agroecologia segue o paradigma da Ecologia, enfatizando os aspectos agrônômicos, ecológicos, sociais e políticos (ABREU *et al.*, 2012).

O Manejo Agroecológico corresponde ao conjunto de técnicas alternativas visando a produção agrícola sustentável. Essas técnicas incluem práticas como os sistemas agroflorestais (SAFs), o manejo da umidade do solo para a redução das lâminas de irrigação, o uso de produtos naturais para controle de pragas e doenças, o uso de adubos e insumos orgânicos, práticas mecânicas, vegetativas e edáficas conservacionistas para engenharia de água

e solo, uso de sementes crioulas, adubação verde, entre outros tópicos relevantes para valorização da biodiversidade.

No entanto, independentemente do modelo praticado de agricultura, a substituição da vegetação nativa por áreas agricultáveis constitui alteração no ambiente natural; com efeito, o solo passa a ser manejado sem o cuidado de preservar características da biota, da ciclagem de nutrientes ou da manutenção da matéria orgânica que preserva as características de agregação das partículas de solo (MOURA *et al.*, 2019; SOUZA, 2021) (Figura 2).

Com o passar dos anos os solos explorados vão perdendo parte das suas características físicas e químicas, ficando cada vez mais dependente de insumos externos. Para realizar a recuperação dessas áreas, diante de várias técnicas existentes, podem-se destacar quatro (4) estratégias mais utilizadas atualmente, em relação às áreas degradadas por atividades agropecuárias: Regeneração Natural sem manejo (em processo natural); Regeneração natural com manejo (adoção de técnicas manejo); Plantio na área (plantio de espécies ou semente); e Sistemas Agroflorestais (SAFs – sistema produtivo baseados em sucessão ecológica).

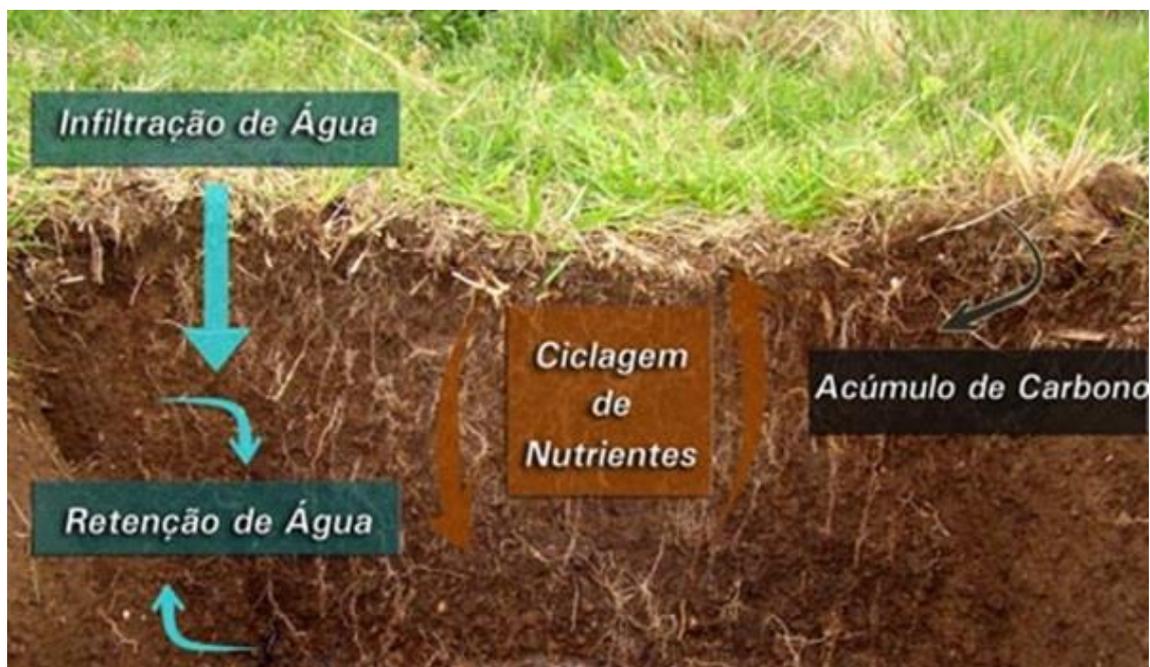


Figura 2. Solo bem manejado favorecendo a infiltração de água e a ciclagem de nutrientes. Fonte: EMBRAPA (2012).

Nesse caso, os SAFs (Figura 3) seriam uma alternativa sustentável para a continuidade da atividade agropecuária e de iniciativa ambiental. Dessa forma, o manejo agroecológico é o caminho da transição agroecológica, entendida como a passagem da agricultura convencional para a agricultura de base ecológica (LEITE; BERTOTTI, 2020). Na transição agroecológica evidenciam-se três (3) níveis: a troca do sistema de produção convencional pelo agroecológico; a substituição das práticas já utilizadas por práticas de caráter alternativo; e o estabelecimento dos processos ecológicos em si dentro do agroecossistema (GLIESSMAN, 2000).



Figura 3. SAF sendo estabelecido para a recuperação de área degradada no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba. Fonte: Arquivo pessoal (2013).

No exemplo da agricultura conservacionista, Rossi *et al.* (2016) indicaram que o manejo agroecológico do solo provou ser benéfico para o acúmulo de carbono sob a forma de carbono orgânico associado aos minerais. Moura *et al.* (2017) atestaram que um sistema de produção agroecológico no Rio Grande do Norte favoreceu o aporte de P para o solo ao longo de dez (10) anos. Em relação à qualidade do solo, o manejo agroecológico provou ser eficaz: estudando os solos em Huatusco, no estado de Veracruz, no México, Sánchez *et al.* (2020) concluíram que o sistema agroecológico implementado

não atendeu de imediato as necessidades nutricionais da lavoura a partir da ciclagem de nutrientes para uma produtividade ótima; entretanto, contribuiu para a regeneração da qualidade natural do solo. Mais uma prova de que a agroecologia, quando utilizada em longo prazo, pode ser capaz de conduzir o agroecossistema à sustentabilidade.

Os SAFs na agroecologia podem ser considerados como um sistema produtivo que se baseia na sucessão ecológica, similar aos ecossistemas naturais, em que árvores exóticas ou nativas são consorciadas com culturas agrícolas, levando em consideração os aspectos técnicos e fisiológicos das culturas escolhidas, proporcionando o aumento da diversidade ecológica e estimulando suas interações.

Um sistema baseado num SAF recupera a biodiversidade local, melhora os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, não faz uso de agroquímicos e promove a produção de espécies alimentícias ou fonte de matéria-prima para outras atividades (MALLMANN *et al.*, 2018). Na RAD podem ser utilizadas diversas espécies vegetais, desde que tenham as características de adaptação às condições climáticas e de solo, por exemplo, ou de preferência plantas nativas do bioma local (BENDITO *et al.*, 2018).

Portanto, pode-se perceber que a RAD é uma alternativa agroecológica para o estabelecimento das condições anteriores nas quais o ambiente se encontrava, tornando-os solos agricultáveis novamente. Assim, pode-se deduzir que os programas de recuperação de áreas degradadas atualmente desenvolvidos têm no manejo agroecológico uma alternativa para o resgate da condição natural anterior.

3. Impactos ambientais da irrigação e seu uso em áreas degradadas

Embora haja diversas técnicas para o desenvolvimento da recuperação de áreas degradadas, existe um componente que é essencial para a qualidade e a efetivação desse processo: a água. Em sistemas agrícolas, a água é provida às plantas pela precipitação natural ou pela irrigação. Segundo Souza (2004; 2021), em situações extremas, a irrigação é necessária na recuperação de áreas degradadas para o crescimento e desenvolvimento inicial das mudas.

De acordo com Silva *et al.* (2015), o suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera, sendo que as influências recíprocas entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que a condição hídrica da cultura estará combinada entre estes três segmentos (Figura 4). Outro ponto importante é ressaltado por Kwahara; Souza (2009), que destacam a importância da disponibilização de água no solo para que a planta consiga absorver nutrientes, por exemplo, o Pi (Fósforo Inorgânico), que pode ser o responsável pela redução da eficiência fotossintética nas células vegetais.

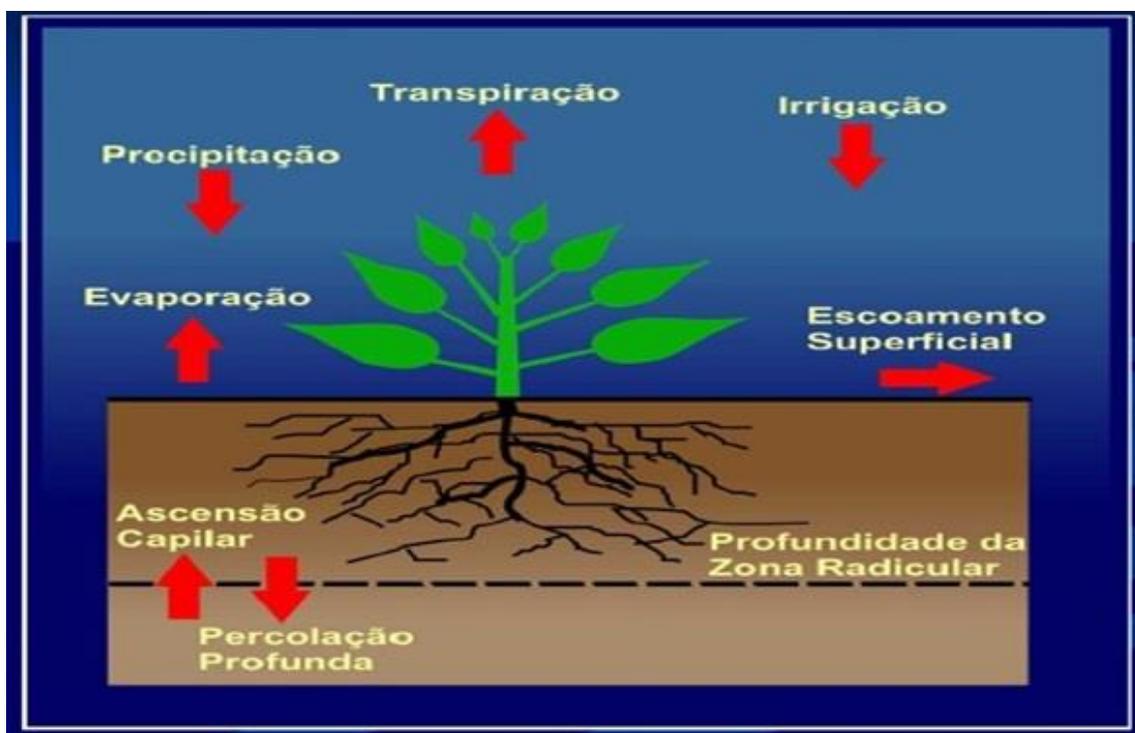


Figura 4. Relação solo-planta-atmosfera. Fonte: Mantovani; Bernardo; Palaretti (2009).

Nesse sentido, a irrigação dessas áreas vem se mostrando cada vez mais necessária, pois torna a recuperação da área mais eficiente em áreas com déficit hídrico. No entanto, a irrigação em alguns casos pode acarretar impactos ambientais, como salinização e acidificação do solo: isso pode estar ligado à fonte de captação de água, pois a maioria dos cursos hídricos

apresentam problemas com poluição; ou também pelo uso sem especificação técnica da fertirrigação por efluentes agroindustriais. Contudo, tais externalidades estão principalmente relacionadas ao manejo incorreto da irrigação.

Os impactos ambientais advindos da irrigação não provêm somente da qualidade da água, mas também da quantidade de água aplicada no solo - a chamada *lâmina de irrigação*. Conforme Souza (2004,), na irrigação por superfície pode ocorrer danos ambientais, tais como a remoção da vegetação nativa e a eliminação de inimigos naturais de pragas agrícolas; bem como a percolação pode levar a água contaminada para o lençol freático.

O desenvolvimento da irrigação nos SAFs como componente estratégico na recuperação de área degradada pode ser muito benéfico ao sistema. Na fertirrigação, as plantas são as grandes responsáveis pela remoção destes nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo e potássio, dentre outros presentes em solução ou suspensão nas águas residuárias, cabendo aos microrganismos do solo a remoção das substâncias orgânicas.

É importante destacar que a taxa de aplicação de águas residuárias devem ser calculada com base na dose de nutrientes recomendados para as culturas agrícolas: caso esses níveis sejam suplantados, além de comprometer a produtividade da cultura, pode provocar poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, bem como das lavouras adjacentes e subsequentes. A magnitude dessa contaminação depende do tipo de água residuária usada, das condições climáticas predominantes, da cultura irrigada e do próprio sistema irrigante utilizado.

De acordo com SOUZA (2018), quando se fala em utilização de técnicas de fertirrigação - a fertilização por intermédio da irrigação - apresenta algumas vantagens com relação aos riscos ambientais. Porém, sob determinadas condições, pode provocar a acidificação ou a salinização do solo:

✓ **Acidificação:** é causada por fertilizantes que contêm ou que dão origem a amônio (NH_4^+) ou a amônia (NH_3). Esse problema é mais grave no caso da irrigação localizada. A primeira fase da nitrificação, que envolvem as bactérias Nitrosomonas, dá origem a dois íons de hidrogênio (H^+) diminuindo o pH do solo. No caso do sulfato de amônio, a reação de hidrólise aumenta a acidez do solo (BERNARDO, 1997).

✓ **Salinização:** ocorre principalmente nas regiões de clima árido ou semiárido, onde há problemas de salinidade do solo. A fertirrigação e o manejo inadequado da irrigação podem torná-los mais grave. Em função da elevação da concentração salina pelos sais que compõem os fertilizantes, devem ser evitadas quantidades excessivas de fertilizantes, principalmente aquelas que excedam os valores críticos de tolerância de salinidade para determinada cultura. Áreas potencialmente problemáticas por excesso de sais, as adubações diretas na cova devem ser evitadas, pois poderão aumentar a condutividade elétrica do sistema. Os cuidados devem ganhar especial atenção no caso de adubações potássicas e fertilizantes contendo sulfato em sua formulação, como o caso do superfosfato simples (ibidem).

Em relação à acidificação, estudos recentes demonstraram os impactos negativos que a irrigação/fertirrigação tem sobre a salinidade do solo. Os problemas de acidificação decorrentes da aplicação de lâminas de irrigação estão relacionados especialmente com a irrigação localizada, onde fertilizantes nitrogenados aplicados via fertirrigação contêm ou resultam em amônia (NH_3) ou amônio (NH_4^+) (SOUZA, 2004). Em pastagens nativas com introdução de azevém (*Lolium multiflorum*) em Eldorado do Sul, RS, a adubação nitrogenada em longo prazo provocou a acidificação do solo (CECAGNO *et al.*, 2019).

Outra razão pela qual a irrigação provoca a acidificação está no fato de que a água promove a decomposição da matéria orgânica, liberando ácidos orgânicos que acidificam o meio (Mesquita *et al.*, 2016 *apud* MESQUITA *et al.*, 2017).

Com efeito, o termo impactos ambientais tratando-se de irrigação, pode representar tanto impactos negativos quanto impactos positivos. Como relatado pela maioria dos artigos consultados neste trabalho, a salinização dos solos está presente em sua maior parte nas regiões áridas e semiáridas (Ribeiro *et al.*, 2009 *apud* ARAÚJO *et al.*, 2019), onde problemas com salinização já são recorrentes (SOUZA, 2004).

Para mitigar os impactos negativos e maximizar os resultados positivos de crescimento inicial e de desenvolvimento em qualquer região, inclusive na recuperação de áreas degradadas, o sistema de irrigação deve ser projetado de forma a preconizar o uso racional dos recursos hídricos e evitar a salinização e acidificação das áreas cultiváveis e a escassez desse bem

essencial para a vida - o que pode ser conseguido com uma educação ambiental eficiente (ERTHAL; BERTICELLI, 2018).

4. Qualidade da água na recuperação de áreas degradadas

A irrigação provou ser essencial para projetos agropecuários, inclusive para o estabelecimento de mudas em programas de recuperação de áreas degradadas. Quando se opta em realizar a irrigação na recuperação de uma área, faz-se necessário verificar acidificação e a salinização do solo, pois elas dependem em grande parte, da qualidade e da quantidade da água para irrigação. Conseqüentemente, o estudo da qualidade da água tem sua valia para a irrigação no manejo agroecológico em RAD.

Para uma análise técnica da qualidade da água para irrigação há de se avaliar os seguintes parâmetros: cálcio, condutividade elétrica, magnésio e sódio; e para avaliar a qualidade da água do corpo hídrico quanto à salinização, têm-se os parâmetros: cloreto, condutividade elétrica e sódio (Prado *et al.*, 2004 *apud* CECÍLIO *et al.*, 2008). Todos os parâmetros de qualidade da água para diferentes usos estão previstos na Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos nacionais, bem como dá providências sobre a avaliação ambiental dos corpos hídricos (BRASIL, 2005).

Tratando-se de qualidade da água, o uso e ocupação do solo é um dos fatores que mais acentuam os impactos ambientais em ambiente aquático; assim, a gestão dos corpos hídricos deve ser pautada pelo monitoramento das atividades que fazem uso dos recursos hídricos, justamente para minimizar os fatores impactantes na qualidade da água (FERREIRA *et al.*, 2016).

Com a gestão dos recursos hídricos, pode-se dizer que esta é uma solução global para o problema da falta d'água no planeta: é preciso racionalizar os recursos de acordo com cada destinação, seja de tipos de água diferenciados para cada uso, seja para a água potável (LIRA *et al.*, 2015). Para tanto, é instituído um sistema de monitoramento da qualidade da água, por meio de três ações: o cadastro do corpo hídrico em instituições oficiais, o cadastro de estações de monitoramento e o cadastro de laboratórios de análise de qualidade da água (CECÍLIO *et al.*, 2008).

No que concerne à irrigação em RAD, antes de se iniciar o projeto é coerente dizer que análises de qualidade ambiental devem ser realizadas para se elaborar um PRAD. Tais análises incluem análise de solo e análise de água. Na Agroecologia, assim como na Agronomia, a análise da qualidade da água busca minimizar problemas relacionados à irrigação e ao uso dos recursos hídricos, tais como: alteração nas características físico-hídricas e químicas do solo, toxicidade, salinização, acidificação, entupimento e obstrução de aspersores e saúde humana e animal (SOUZA; QUEIROZ, 2020).

Para tanto, na análise é preciso verificar a possibilidade de uso daquele corpo hídrico para fins de irrigação no manejo agroecológico de produção. É preciso estar atento à qualidade da água daquele corpo hídrico; como exemplo, tem-se o trabalho conduzido por Melo; Queiroz (2020), que estudaram a qualidade da água para irrigação em território indígena na transição dos biomas Cerrado e Amazônia. Concluíram que a relação condutividade elétrica-razão de absorção de sódio diminui consideravelmente o fenômeno da infiltração da água no solo, conduzindo aos processos erosivos. No solo, o sódio dos sais substitui o cálcio adsorvido no complexo de troca, causando a dispersão dos colóides do solo, e conseqüentemente, contribuindo para redução da condutividade hidráulica do solo (BERNARDO, 1997). A redução da condutividade hidráulica do solo leva a redução da sua permeabilidade, e conseqüentemente, a queda da taxa de infiltração de água.

De maneira geral, para se avaliar a qualidade da água pode-se lançar mão do índice de qualidade da água (IQA). Conforme Cecílio *et al.* (2008), o cálculo do IQA pode ser obtido a partir dos parâmetros e padrões de qualidade da água com o seguinte produtório:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

IQA = Índice de Qualidade da Água, valor entre 0 a 100;

n = número de parâmetros para o cálculo do IQA;

q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro, valor entre 0 e 100;

w_i = peso do i-ésimo parâmetro, valor entre 0 e 1, calculado com a seguinte equação:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Equação (2)

Assim, o IQA é o método adequado para a determinação da qualidade da água visto que, a partir do conjunto de padrões e parâmetros em consideração para certo uso da água, esse instrumento oferece uma precisão para o critério de classificação do corpo hídrico. Por conseguinte, para elaborar o PRAD e selecionar o método de irrigação mais adequado para a restauração ambiental, é necessário analisar a qualidade da água para enquadrar o corpo hídrico que será utilizado para captação de água, de forma a não gerar novos impactos ambientais.

5. Considerações finais

A recuperação de ambientes degradados se torna um desafio para muitos proprietários devido ao desconhecimento de técnicas de recuperação. Podem ser de ordem financeira, de desinteresse, ou pela indisponibilidade de técnicos habilitados. Cada área degradada apresenta características específicas, onde há influência direta de fatores bióticos, abióticos e antrópicos. Recuperar um ambiente degradado demanda tempo e estudos: seja para desenvolver uma nova técnica, ou simplesmente utilizar uma técnica já existente. Por isso a elaboração de um Plano de Recuperação de área Degradada - PRAD - é de fundamental importância para que haja sucesso na recuperação do ambiente degradado.

O PRAD é a ferramenta adequada para mitigar os impactos ambientais inerentes às atividades degradadoras do meio ambiente. No entanto, em várias situações, as técnicas utilizadas nos PRADs encarecem o desenvolvimento das atividades propostas, inviabilizando a execução do projeto. Nesse sentido, a utilização de técnicas agroecológicas, agregadas a utilização de irrigação (ou fertirrigação), pode ser uma alternativa para esses ambientes degradados, pois lança mão de conceitos agroecológicos que visam restaurar o *status quo* perante a condição e manipulação antrópica que resultou nos aspectos, impactos e externalidades ambientais.

O desenvolvimento de técnicas ligadas ao manejo agroecológico de solo, de forma geral, apresenta um baixo custo – preocupam-se em

restabelecer a qualidade do solo e a sua estrutura que muitas vezes é esquecida na elaboração de um projeto.

No entanto, mesmo com um PRAD, a ausência de chuva na região pode comprometer todo o projeto, elevando os custos e a necessidade de replantio. Para se evitar transtornos na recuperação de uma área degradada, a irrigação surge com uma alternativa para auxiliar e acelerar o processo da recuperação. Caso a propriedade possua atividades agropecuárias que gerem efluentes, a fertirrigação é uma excelente alternativa: além dos nutrientes presentes nas águas residuárias que serão oferecidos às culturas, a fertirrigação surge como forma de destinação adequada desses efluentes e na distribuição localizada da água.

Vale ressaltar que na elaboração do PRAD, a irrigação ou a fertirrigação precisam ser desenvolvidas levando em consideração critérios técnicos. Em ambas as situações, quando não se leva em consideração as características da área, do solo, da água e do efluente, além de comprometer toda a execução do projeto, podem levar ao aumento dos impactos ambientais que resultarão em degradação ambiental.

Embora rara a utilização das técnicas de manejo agroecológico na elaboração do PRAD, além de facilitar a sua execução posto se tratar de técnicas simples e de baixo custo, garantem resultados mais efetivos. Quando se agrega a prática da irrigação no manejo, favorece o desenvolvimento das espécies vegetais e aumenta o aporte de matéria orgânica. No caso da fertirrigação com o uso de águas residuárias, contribui para nutrição do solo e das plantas, acelerando o processo de recuperação. Além disto, pode-se associar positivamente o reuso à preservação dos recursos hídricos: o aproveitamento das águas que seriam lançadas em córregos e rios provocariam danos ambientais e poluição dos corpos hídricos.

6. Referências bibliográficas

ABREU, L. S.; BELLON, S.; BRANDENBURG, A.; OLLIVIER, G.; LAMINE, C.; DAROLT, M. R.; AVENTURIER, P. Relações entre agricultura orgânica e agroecologia: desafios atuais em torno dos princípios da agroecologia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 26, p. 143-160, jul./dez. 2012.

Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86832/1/2013AP13.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

ARAÚJO, B. A.; MOREIRA, F. J. C.; GUEDES, F. L. Emergência e crescimento inicial de feijão guandu em função dos substratos e salinidade da água de irrigação. **Rev. Agr. Acad.**, v. 2, n. 4, p. 90-101, jul./ago. 2019. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1116304/1/CNPC2019Emergencia.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

ASSIS, L.; ROMERO, A. R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Curitiba. n. 6, p. 67-80. Jul/dez. 2002 Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/22129/14493>. Acesso em: 23 abr. 2021.

BARBOSA, T. C. S.; COSTA, N. M. G. B.; SANTOS, D. B.; MACHADO, M. S.; MARQUES FILHO, F. Qualidade física do solo em áreas sob manejo agroecológico e convencional. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 488-499, jul. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13581/11371>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

BENDITO, B. P. C.; SOUZA, P. A.; FERREIRA, R. Q. S.; CÂNDIDO, J. B.; SOUZA, P. B. Espécies do Cerrado com potencial para recuperação de áreas degradadas, Gurupi (TO). **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre, MG, v. 10, n. 2, p. 99-110, jun. 2018. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/viewFile/1111/pdf_1>. Acesso em: 27 ago. 2020.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (Eds.) **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA/SRH/ABEAS; Viçosa, MG: UFV/Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. p. 79-88.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005) **Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2005. Diário Oficial da União, Brasília, nº. 053, 18 mar. 2005, p. 58-63. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

CAU, L. B. Restauração florestal de uma área de vegetação ripária no Sítio Pampulha, município de Linhares, ES. **Revista Ifes Ciência**, Vitória, ES, v. 5, n. 2, p. 39-62, 2019. Disponível em: <<https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/448/395>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

CECAGNO, D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; BRAMBILA, D. M.; NABINGER, C. Acidificação do solo sob fertilização nitrogenada de longo prazo em campo nativo com introdução de azevém. **Rev. Ciênc. Agrovét.**, Lages, SC, v. 18, n. 2, p. 263-267, 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/10326/pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2020.

CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; MARTINS, C. A. S. Caracterização da qualidade da água em bacias hidrográficas. In: POLANCZYK, R. A.; CECÍLIO, R. A.; MATTA, F. P.; SOARES, T. C. B.; PEZZOPANE, J. E. M.; CAMPANHARO, W. A.; OLIVEIRA, M. C. C. **Estudos avançados em produção vegetal**. Alegre, ES: UFES, Centro de Ciências Agrárias. 1. ed., v. 1, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Práticas de Conservação de Solo e Água**. Circular Técnica, Campina Grande, PB. 2012. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/98258/1/500_perguntas_sistema_plantio_direto.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

ERTHAL, E. S.; BERTICELLI, R. Sustentabilidade: agricultura irrigada e seus impactos ambientais. **Ciência e Tecnologia**, Cruz Alta, RS, v. 2, n. 1, p. 64-74, ago. 2018. Disponível em: <<http://revistaeletronicaocs.unicruz.edu.br/index.php/CIENCIAETECNOLOGIA/article/view/6940>>. Acesso em: 29 ago. 2020.

FERREIRA, E. M.; ANDRAUS, M. P.; CARDOSO, A. A.; COSTA, L. F. S.; LÔBO, L. M.; LEANDRO, W. M. Recuperação de áreas degradadas, adubação verde e qualidade da água. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, Santa Maria, RS, v. 15, n. 1, p. 228-246, jan./abr. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/19594/pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2000.

LEITE, T. V. P.; BERTOTTI, D. L. Efeito dos inseticidas botânicos aplicados no manejo agroecológico de pragas na cultura do milho doce. **Agrus**, v. 1, n. 1, p. 12-20, 2020. Disponível em: <<http://revistas.icesp.br/index.php/rebas/article/view/1069>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

LIRA, R. M.; SANTOS, A. N.; SILVA, J. S.; BARNABÉ, J. M. C.; BARROS, M. S.; SOARES, H. R. A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura irrigada. **Revista Geama**, v. 1, n. 3, p. 341-362, dez. 2015.

KAWAHARA, A. K; SOUZA, M. S; Fósforo como possível mitigador dos efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 31, n. 2, p. 261-267, 2009.

MALLMANN, V.; ARAGÃO, R. F. R.; PESTANA, V. J.; BARTIERES, E. M. M.; ARAGÃO, L. W. W. R. Sistemas agroflorestais e agroecologia, uma alternativa para recuperação de áreas degradadas. **Revista Online de Extensão e**

Cultura Realização, Dourados, MT, v. 5, n. 9, p. 66-72, 2018. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/realizacao/article/view/8577>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação Princípios e Métodos**. 2a. edição. Viçosa-MG: UFV, 2009. 355 p.

MELO, M. T.; QUEIROZ, T. M. Disponibilidade e qualidade da água para irrigação no território indígena Rio Formoso, na transição Cerrado/Amazônia, Mato Grosso-Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 75, p. 461-480, maio/ago. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/1982-153.2020v35n75p461/43456>>. Acesso em: 29 ago. 2020.

MESQUITA, E. F.; SÁ, F. V. S.; SUASSUNA, C. F.; SOUZA, F. M.; ANDRADE, L. R.; SANTOS, G. J. F. Fitomassa e eficiência do uso da água da mamoneira BRS Gabriela irrigada sob adubação orgânica. **Rev. Bras. Agric. Irr.**, Fortaleza, CE, v. 11, n. 3, p. 1458-1467, maio/jun. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Sa3/publication/317594645.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

MOURA, I. N. B. M.; SOUZA, C. M. M.; SILVA, A. C. R.; LIMA, R. N. S.; RÊGO, L. G. S.; AMBRÓSIO, M. M. Q. Disponibilidade de fósforo em solos sob produção agroecológica em Governador Dix-Sept Rosado, Rio Grande do Norte. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 12, n. 5, p. 862-865, 2017. Edição especial. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7162165>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

MOURA, O. V. T.; ROSSI, C. Q.; SANTOS, O. A. Q.; PEREIRA, M. G.; PINTO, L. A. S. R.; ARAÚJO, E. S. Fósforo em agregados biogênicos e fisiogênicos sob diferentes sistemas de manejo agroecológico. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 12, n. 46, p. 466-478, 2019. Disponível em:

<<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/9669/5555>>. Acesso em: 29 ago. 2020.

PENTEADO, S. R. **Introdução à agricultura orgânica: normas e técnicas de cultivo**. Campinas: Grafimagem, 2000. 110 p.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; MOURA, O. V. T.; ALMEIDA, A. P. C. Vias de formação, estabilidade e características químicas de agregados em solos sob sistemas de manejo agroecológico. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1677-1685, set. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pab/v51n9/0100-204X-pab-51-09-1677.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

SÁNCHEZ, E. A.; TORRES, R. M.; ROSAS, C. N.; ACEVEDO, D. C. Manejo agroecológico para la restauración de la calidade del suelo. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 11, n. 4, p. 741-752, maio/jun. 2020. Disponível em: <<http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/2462/3231>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

SILVA, K. F.; MENEZES, F. M. N.; OLIVEIRA, M. F.; SILVA, F. L. G.; POMPEU, R. C. F. F.; SOUZA, H. A. Produção, clorofila e eficiência do uso da água em milho cultivado em solo de área degradada. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, p. 573-584, 2015.

SOUZA, C. A.; QUEIROZ, T. M. Qualidade água na bacia hidrográfica do Rio das Garças/MT para fins de irrigação. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 157-164, dez. 2019/jan. 2020. Disponível em: <<http://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.001.0015/1850>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

SOUZA, M. N. **Degradação Antrópica e Procedimentos de Recuperação Ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018. 376 p.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. 2004. 371 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2004.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. 374 p.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133p.

VENZON, M.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; FERRAZ, C. S.; LEMOS, F.; NAVA, D. E.; PALLINI, A. Manejo agroecológico das pragas das fruteiras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 37, n. 293, p. 94-103, 2016. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1067892/1/DoriVenzonetaliaA293Fruteiras.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2020

Autores

Augusto Melo Moulin Breda, Priscila da Silva Lacchine, Maurício Novaes Souza, Hilton Moura Neto, Credigar Gonçalves Moreira, Dayvson Dandi Rodrigues, Fábio Gomes Zampieri, Cristiano de Oliveira, Gislane Souza Santos, Vinicius Sabadim Saraiva

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES, Brasil.

* Autor para correspondência: mauricios.novaes@ifes.edu.br