



REVEGETAÇÃO, REMEDIAÇÃO E USO DE GEOTÉCNICAS PARA RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES DEGRADADOS

Ana Paula Guedes Oliveira¹, Giseli Sampaio Marcílio¹, Danilo Ferreira Mendes¹, Tássio da Silva de Souza¹, Atanásio Alves do Amaral²

¹ Pós-graduandos em Agroecologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – *Campus* de Alegre, Alegre, ES, Brasil
(anapaula.apgo@gmail.com)

² Professor Titular-Livre no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – *Campus* de Alegre, Alegre, ES, Brasil

Recebido em: 08/09/2015 – Aprovado em: 14/11/2015 – Publicado em: 17/12/2015

RESUMO

O presente trabalho discute a recuperação de ambientes degradados a partir de técnicas de revegetação, remediação e geotécnicas. A revegetação consiste na cobertura do solo por plantas, a fim de evitar o processo de erosão pela água da chuva. A técnica de remediação é utilizada para impedir ou dificultar a disseminação de substâncias que causam danos ambientais e aos seres humanos. As geotécnicas consistem na construção de estrutura de contenção e retenção visando à estabilidade física do ambiente. Todas as técnicas apontadas são eficientes na recuperação de ambientes degradados.

PALAVRAS-CHAVE: Biorremediação, degradação ambiental, erosão do solo.

REVEGETATION, REMEDY AND GEOTECHNICAL FOR RECOVERY OF DEGRADED ENVIRONMENT

ABSTRACT

This paper discusses the restoration of degraded environments using revegetation and remediation techniques, and geotechnical. The revegetation constitutes the ground cover with plants, in order to prevent the erosion process by rainwater. The remediation technique is used to stop or hinder the spread of substances causing environmental damage and humans. Geotechnical consists in the construction of containment and retention structures for the physical stability of the environment. All pointed techniques are efficient in the recovery of degraded environments.

KEYWORDS: Bioremediation, environmental degradation, soil erosion.

INTRODUÇÃO

Historicamente o solo foi sendo modificado em função do uso desregrado pelo homem, incluindo a substituição de extensas áreas cobertas com vegetação nativa por outras formas de uso, tais como pastoreio, que expõem o solo acarretando na degradação da área, muitas vezes sendo considerado um processo de difícil reversão (VENTUROLI et al., 2013). O uso desse recurso de forma incorreta causa alterações não apenas no solo, mas no ecossistema como um todo (ALVARENGA &

DAVIDE, 1999), expondo o terreno a processos erosivos e diminuindo a capacidade de produção agrícola (SILVA et al., 2011).

Entre as diversas formas de substituição da vegetação nativa por outra forma de uso do solo, a pecuária de corte se destaca, pois acarreta em um intenso processo de degradação das áreas de pastagens brasileiras, afetando diretamente na sustentabilidade da pecuária no país (PAULINO et al., 2012), sendo intensificada pelas ações desregradas do homem na dinâmica da natureza (SUERTEGARAY, 2011).

Por esta razão é necessário o desenvolvimento de técnicas que visem à recuperação da área degradada a partir da eliminação ou redução dos impactos causados pela ação antrópica, pois estas técnicas proporcionam a inserção de determinadas espécies vegetais que já ocorriam no local, permanência de outras formas de vida, fornecimento de abrigo e alimento para a fauna local (RODRIGUES et al., 2009). Para o desenvolvimento e implantação dessas técnicas de forma correta é imprescindível a realização de pesquisas sobre as diferentes condições ambientais, bem como de metodologias para recuperar cada local, proporcionando, dessa forma, melhor avaliação do ecossistema e dos processos ecológicos que ocorrem no ambiente (FERREIRA et al., 2009).

Entre as técnicas de recuperação de ambientes degradados, destacam-se as técnicas de revegetação, técnicas de remediações e geotécnicas. A técnica de revegetação consiste no plantio localizado de espécies vegetais que não ocorriam mais ou nunca ocorreram no local. Já as tecnologias de remediação são desenvolvidas a partir de métodos de tratamentos químicos ou biorremediação destinados a neutralizar ou eliminar contaminantes no solo e na água. As geotécnicas envolvem a construção de estruturas de contenção e retenção visando a estabilidade física do ambiente (FLORENTINO SANTOS et al., 2011).

Neste contexto, o objetivo desta revisão de literatura foi abordar técnicas relacionadas à recuperação de ambientes degradados, principalmente pela ação antrópica, incluindo as técnicas de revegetação, técnicas de remediação e geotécnicas.

AMBIENTES DEGRADADOS

Diversas são as definições propostas para ambiente ou área degradada, contudo, estas variam conforme a forma de utilização do solo (DIAS & GRIFFITH, 1998). Portanto, alguns dos principais conceitos abordados neste trabalho almejam auxiliar a compreensão do processo de degradação do solo, bem como de suas causas e as principais consequências acarretadas aos seres humanos e ao meio ambiente.

A ação do homem sobre o ambiente ocasiona diversos impactos, tais como contaminação dos solos, cursos d'água e lençol freático. Dessa forma, torna-se importante o desenvolvimento de estudos direcionados a elaboração de estratégias que visem controlar a degradação ambiental, pois caso não sejam tomadas medidas adequadas para a recuperação da área degradada, todo o ambiente é colocado em risco, comprometendo, principalmente os recursos naturais (MEDEIROS et al., 2014).

Ao longo do tempo, imensas áreas que anteriormente eram cobertas por vegetação nativa, incluindo floresta tropical, foram sendo substituídas por outras atividades, principalmente aquelas relacionadas a pecuária. O problema é que essa prática, juntamente com outras ações antrópicas expõem o solo comprometendo rapidamente toda área (VENTUROLI et al., 2013).

A degradação do solo pode ser compreendida como sendo alterações adversas provocadas nos atributos do solo em função do uso desregrado deste pelo homem, levando a constante exposição e conseqüentemente, modificações (ABNT, 1989). Além disso, as áreas degradadas podem ser definidas como sendo locais nos quais ocorreram alterações abióticas e bióticas de diversos graus causadas por atividades relacionadas à mineração (ABNT, 1999) ou qualquer distúrbio que elimine os meios de regeneração natural desta área, tais como, banco de sementes, plântulas, entre outros, ocasionando baixa resiliência, ou seja, redução da capacidade de regeneração sem a interferência da atividade antrópica (KAGEYAMA et al., 1994).

A degradação do solo ocorre em função de diversos processos e fatores que diferenciam-se entre si conforme os agentes que os ocasionam. De outra forma, os processos de degradação do solo consistem em ações e interações de natureza química, física e biológica, podendo afetar a capacidade autodepurativa e a produtividade do solo. Os fatores, por sua vez, correspondem aos agentes e catalisadores que podem ser naturais ou induzidos pelo homem, tais como compactação, desertificação, salinização, erosão acelerada, acidificação e lixiviação (LAL et al., 1989).

A degradação do solo consiste na perda de produtividade econômica de uma área, em função da inviabilidade do solo para fins agrícola, pecuário e florestal (VIEIRA et al., 1993), devendo ser submetido a análise para definição do método de reabilitação, restauração, ou caso a área esteja totalmente degradada, recuperação do ambiente (JACKSON et al., 1995) a partir de diversas técnicas desenvolvidas para este tipo de ambiente (FLORENTINO SANTOS et al., 2011).

A degradação do solo pode ser caracterizada como agrícola, quando o sistema de produção apresenta perdas do potencial de produtividade agrícola, ou biológica, quando a capacidade de produção, de forma geral, é grandemente afetada (WADT et al., 2003). Um solo não degradado é aquele que apresenta fatores que favorecem o crescimento vegetal, como agregação das partículas, matéria orgânica, taxa de infiltração, capacidade de retenção de água e disponibilidade de nutrientes, entre outros (ARAÚJO et al., 2012).

REABILITAÇÃO, RESTAURAÇÃO OU RECUPERAÇÃO

As atividades de reabilitação, recuperação e restauração são propostas conforme o resultado desejado para área afetada no que diz respeito ao grau de similaridade com as condições existentes antes da degradação (JACKSON et al., 1995). Neste contexto, reabilitação significa reutilização do local degradado para construção de áreas de lazer, residências, comércios, indústrias, entre outros, não incluindo o florestamento ou reflorestamento que tornariam o local similar ao anteriormente degradado (KOPEZINSKI, 2000).

A restauração não consiste em uma técnica adequada para ambientes degradados, pois trata-se de um mecanismo praticamente inatingível, pois restaurar implica na exata reprodução das condições encontradas no local antes da degradação (DIAS & GRIFFITH, 1998). A restauração ecológica é um processo que demanda um longo tempo, pois existem espécies de plantas nativas que demoram aproximadamente 32 anos para que estejam totalmente formadas e desempenhem as mesmas funções que a espécie presente no local antes da degradação (ALDAY et al., 2011).

A recuperação de ambientes degradados significa que o local poderá voltar a ser utilizado conforme um plano preestabelecido para o uso do solo, ou seja, o sítio degradado passará a ter condições, ainda que mínimas, de favorecer o crescimento de novas vegetações (KOPEZINSKI, 2000). O processo de recuperação consiste em uma série de medidas englobando as técnicas de recuperação por revegetação, técnicas de remediações e geotécnicas, almejando promover o equilíbrio químico, físico e biológico do ambiente degradado e dessa forma, devolver ao solo as condições de produtividade (FLORENTINO SANTOS et al., 2011).

RECUPERAÇÃO POR REVEGETAÇÃO

A recuperação de áreas degradadas por revegetação consiste na cobertura vegetal do solo, a fim de reduzir a ação das chuvas e do vento evitando, dessa forma, o desenvolvimento de processos erosivos que favorece o carreamento de partículas e a degradação do ambiente (SANTOS et al., 2011; NOGUEIRA et al., 2012). A recuperação dessas áreas pode ser realizada utilizando-se diversas espécies vegetais, incluindo leguminosas arbóreas e herbáceas que atuam em simbiose com fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (NOGUEIRA et al., 2012).

As leguminosas também atuam na ciclagem de nutrientes, na fertilidade e sombreamento do solo, melhorando as condições ecológicas e facilitando o desenvolvimento de espécies mais exigentes com relação às condições ambientais como clima e nutrientes (MARTINS, 2009). As plantas possuem várias funções e podem ser utilizadas para o florestamento e reflorestamento por plantio de mudas, plantas de cobertura, plantio direto, plantio em nível, faixa de bordadura e quebra-ventos. Além disso, a poda das plantas pode ser utilizada como cobertura morta, para proteção do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008).

Em áreas degradadas pelo desmatamento da floresta nativa em detrimento do plantio de monoculturas e pastos, aconselha-se a implantação da técnica de florestamento ou reflorestamento por plantio de mudas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008; SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011). O plantio de mudas é vantajoso porque logo após o desenvolvimento das primeiras plantas, o solo passa a ser coberto por serrapilheira e húmus, atraindo animais dispersores de sementes e dessa forma auxiliando no processo de recuperação da área degradada (RODRIGUES et al., 2009).

O ambiente florestal, constituído por árvores, arbustos e solos florestais possui diversas funções, entre elas, controlar a temperatura e umidade, diminuir a erosão e dessa forma reduzir a quantidade de partículas de solo carreadas pela chuva e depositadas nos rios, melhorar a qualidade da água, reduzir a poluição atmosférica, absorver gás carbônico (CO₂) do meio, liberar oxigênio (O₂), evitar a ação do vento sobre o solo, fornecer energia e produzir biomassa (SANTOS et al., 2011).

O desmatamento, aliado aos processos de urbanização, consiste na principal causa da diminuição de água do lençol freático, colocando em risco a oferta desse recurso para as gerações futuras. Contudo, o reflorestamento aumenta a taxa de infiltração de água no solo, diminuindo o escoamento superficial e consequentemente aumentando a retenção de água subterrânea (SANTOS, 2011). O custo do processo de recuperação por meio da técnica de reflorestamento, principalmente, por espécies nativas, é elevado e requer cuidados com relação a identificação das plantas que não favorecem a infiltração da água (BORGES et al., 2005).

Uma alternativa comum no Brasil é o plantio de árvores exóticas com fins comerciais, tais como eucalipto, acácia e pinus. Esta prática é incentivada pelo governo e por empresas de celulose, pois além de permitir o florestamento ou reflorestamento de um determinado local, gera empregos para a população (FORGIARINI & AULER, 2009). Além do reflorestamento, as plantas de cobertura também atuam na redução do impacto da chuva sobre o solo e fornecem nutrientes para organismos presentes no local, favorecendo a atuação destes na fixação de nitrogênio pelas leguminosas (NETO & PASSINI, 2014). Essa técnica é importante, pois em função de não haver necessidade de revolvimento do solo, ocorre a formação de uma cobertura com a palha proveniente das plantas, a qual servirá de barreira física no solo, minimizando as variações de temperatura, umidade e luz e dessa forma, proporcionando a germinação de sementes (NETO & PASSINI, 2014).

Em função do não revolvimento do solo, a técnica de plantio direto acarreta vários benefícios desejáveis aos sistemas agroecológicos e orgânicos, tais como conservação do solo, diversidade de culturas, controle de pragas, entre outras vantagens (NETO & PASSINI, 2014).

Várias são as espécies destinadas à cobertura do solo (CASTRO et al., 2011; VENTUROLI & VENTUROLI, 2011), entre elas, destacam-se *Amaranthus cruentus* (amaranto), *Avena strigosa* (aveia), *Cajanus cajan* (gandu-super e gandu normal), *Canavalia ensiformes* (feijão de porco), *Eleusine coracana* (capim pé-de-galinha), *Guizotia abyssinica* (niger), *Hybiscus cannabinus* (kenaf), *Pennisetum glaucum* (milheto), *Raphanus sativus* (nabo forrageiro), *Sesamun indicus* (gergelim), *Stizolobium aterrimum* (mucuna-preta) (ASSIS et al., 2005).

Outra técnica é o plantio direto, que consiste na manutenção do solo coberto por vegetação em desenvolvimento e restos vegetais, a fim de protegê-lo contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo o carreamento de nutrientes pelo processo de lixiviação e erosão hídrica (CRUZ et al., 2006). Os restos vegetais não são revolvidos no solo e por essa razão, formam uma barreira no terreno, reduzindo a incidência de raios solares e, conseqüentemente, aumentando a umidade e a temperatura. Estas afetam diretamente a germinação de sementes, principalmente aquelas provenientes de plantas espontâneas (ODENATH et al., 2014). Como toda técnica, essa possui vantagens e desvantagens, que variam conforme as características do ambiente de cultivo, o clima e o relevo. Além disso, é necessário que o produtor tenha conhecimento sobre policultivos ou que tenha assistência de um técnico que entenda os diversos aspectos relacionados ao uso agroecológico do solo (CRUZ et al., 2006).

Outra técnica importante na revegetação do terreno é o plantio em curvas de nível, que consiste em um manejo mais sustentável do solo (ELVIS et al., 2012) a fim de evitar os processos erosivos a partir do plantio da vegetação seguindo as curvas do terreno (FARIAS et al., 2013) conforme a declividade (MATIAS et al., 2003).

As curvas de nível ou curvas delimitadas para fazer o plantio são implantadas a partir da marcação de pontos da mesma altura, conforme o nível do ambiente a ser plantado e a direção inversa do escoamento pluvial ou irrigação (PORTO et al., 2012). Essa técnica é importante, pois atua na redução do escoamento superficial e conseqüente na redução da perda de nutrientes e partículas de solo, evitando dessa forma o acúmulo destas em partes mais baixas do terreno ou assoreamento dos rios (PORTO et al., 2012). Com relação à faixa de bordadura, essa técnica consiste no plantio de vegetação ao redor de áreas cultivadas para minimizar a ação do vento,

em função de reduzir a velocidade e impedir que as águas provenientes das chuvas causem grandes enxurradas (NOGUEIRA et al., 2012).

Outro método com finalidade semelhante é a técnica de quebra-ventos que consiste no plantio de fileiras de árvores e arbustos ao redor da plantação a fim de reduzir o vento excessivo, protegendo, dessa forma, cultivos como hortaliças e flores (MOGNON, 2003). Essa técnica é eficiente, pois por reduzir a velocidade do vento, minimiza os efeitos deste sobre o solo, protegendo-o do processo de erosão eólica e compactação, além de, reduzir a incidência de raios solares que retiram a umidade do solo (COLLOVINI, 2013).

As árvores utilizadas como quebra-ventos também ajudam na proteção das pastagens e dessa forma, beneficia os animais. Além disso, quando bem planejados, os quebra ventos podem contribuir para estética da propriedade, sendo utilizados, por exemplo, como cercas vivas para separação de lotes cultiváveis, favorecendo a economia do produtor, caso este escolha árvores cujas madeiras sejam comercializáveis, mesmo que a longo prazo (COLLOVINI, 2013).

A cobertura morta consiste no revestimento constante do solo com restos vegetais, tais como poda de árvores e palha. Essa técnica é importante, pois mantém a fertilidade do solo (COLLOVINI, 2013), aumenta a porosidade, influenciando diretamente na absorção de água e nutrientes da fase líquida pelas raízes das plantas (EHLERS, 1994). A manutenção da palha sobre o solo é importante, pois, por ter decomposição mais lenta, mantém o resíduo intacto por um tempo prolongado, protegendo o local (CERETTA et al., 2002) e reduzindo o impacto da chuva sobre o solo (ASSIS et al., 2005).

RECUPERAÇÃO POR REMEDIAÇÃO

A técnica de remediação, utilizada para recuperação de ambientes degradados, consiste na tentativa de reduzir os níveis de contaminação conforme o indicado a saúde humana e ao meio ambiente (TAVARES, 2013). A redução dos resíduos contaminantes deve ser feita de modo a impedir ou dificultar a disseminação das substâncias causadoras de danos ambientais e aos seres humanos (TAVARES, 2013).

É cabível ressaltar que os solos e as águas subterrâneas são alvos de contaminações por diversos produtos, entre eles, hidrocarbonetos de petróleo provenientes da perfuração de poços de petróleo nos mares e vazamento em navios destinados ao transporte do produto (MATOS, 2013), contaminação por herbicidas que além de atingirem os mananciais de água (KRUTZ et al., 2005), causam problemas de toxicidade a outros organismos presentes no local (ROUSSEAU et al., 2003) e contaminação por chorume decorrente do depósito de lixo em locais inapropriados (MOHAJERI et al., 2010). A escolha da técnica de remediação deve ser realizada com base na heterogeneidade do solo, tamanho da área contaminada, fonte da contaminação, locais para descarga do produto retirado das zonas de contaminação e fases do contaminante que pode ser imiscível, residual ou adsorvida no meio geológico (TAVARES, 2013). Entre as técnicas de remediação destacam-se a Pump and Treat, SVE, dessorção térmica, Air Sparging, barreiras reativas permeáveis, incineração, solidificação/estabilização, lavagem do solo, biorremediação e fitorremediação (TAVARES, 2013).

A técnica de Pump and Treat ou Contenção Hídrica e Tratamento consiste na retirada de águas contaminadas por meio de poços de extração compostos por uma ou duas bombas e, posterior tratamento da água acima do solo ou em um local distante do ponto de contaminação (MARQUES et al., 2011, TAVARES, 2013). Essa

técnica tem custo relativamente baixo, quando comparada a outras relacionadas à mesma finalidade. O uso dessa técnica deve ser bem planejado, principalmente em ambientes com formações geológicas complexas, onde a heterogeneidade das litologias é incerta (TAVARES, 2013).

A SVE ou extração de vapores no solo (*Soil Vapor Extraction*) é uma técnica destinada principalmente à retirada de compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos monoaromáticos através da extração a vácuo em poços de perfuração no solo. Contudo, essa técnica deve ser aplicada apenas a zonas não-saturadas, ou seja, na camada preenchida por ar atmosférico, localizada imediatamente abaixo da superfície do solo e acima do nível das águas subterrâneas (ANDRADE et al., 2010).

Para o desenvolvimento dessa técnica é necessário que o solo tenha uma fase gasosa, por onde o ar contaminado irá passar para ser conduzido ao tratamento antes de ser devolvido à atmosfera. A extração de vapores no solo pode ser de forma vertical, onde os gases serão retirados por pontos perfurados na pluma contaminada, ou horizontal, sendo interceptada com a primeira para evitar que os contaminantes sejam liberados para a atmosfera sem passar pelo devido tratamento (ANDRADE et al., 2010).

A técnica de dessorção térmica consiste na volatilização dos compostos orgânicos através da injeção de vapor, levando ao aquecimento dos resíduos contaminantes que serão transportados na fase gasosa para um local no qual serão condensados e, posteriormente, removidos por bombardeamento. A Air Sparging ou aeração *in situ* é uma técnica que consiste na injeção de ar no solo a fim de remover compostos orgânicos voláteis, de zonas saturadas no solo. A retirada dos contaminantes é possível em função da volatilização dos mesmos (TAVARES, 2013). Os compostos voláteis são extraídos com auxílio de poços e tratados com carvão ativado (BARTOLOMEU, 2012).

As Barreiras Reativas Permeáveis (BRP) são técnicas destinadas a descontaminação do lençol freático através da inserção de um produto reativo no subsolo, fazendo com que uma pluma de água subterrânea flua pelo produto, resultando em reações capazes de atenuar a carga de contaminantes (TAVARES, 2013). Esse processo, realizado na jusante das BRPs, consiste em reações redox, nas quais o hidrocarboneto é oxidado, ou seja, doa um elétron e aceptores de elétrons, tais como, Oxigênio, Nitrato, Óxidos de Ferro⁻³ são reduzidos (BARTOLOMEU, 2012).

A incineração consiste na destruição de resíduos de alta periculosidade utilizando o auxílio de altas temperaturas, variando de 900 a 1500 °C. Este método é muito utilizado, contudo pode poluir a atmosfera, água e solo. A técnica de solidificação/estabilização objetiva modificar as características físicas e químicas do contaminante e conseqüentemente imobilizá-lo. A solidificação, que pode ser *ex-situ* ou *in-situ*, consiste no encapsulamento ou complexação do metal contaminante. Dessa forma, essa técnica não é uma solução segura, pois, em função de imobilizar o resíduo e deixá-lo no do solo, o processo pode reverter e novamente liberar os contaminantes (TAVARES, 2009).

A lavagem do solo é realizada com auxílio de soluções de tensoativos, ou seja, oxidantes que visam aumentar a solubilidade e dessa forma, favorecer a dessorção e degradação dos contaminantes com grandes massas moleculares (MARQUES, 2012). A biorremediação, por sua vez, é um método que utiliza microrganismos presentes ou inseridos no local para realização da degradação bioquímica de contaminantes (BERNOTH et al., 2000). A biorremediação pode ser

realizada *in* ou *ex situ*, sendo que no primeiro caso, o processo é além de economicamente viável, mais atrativo e menos prejudicial ao ambiente. Por outro lado, a biorremediação fora do local de contaminação requer a escavação e retirada do solo, elevando os custos do tratamento (NANO et al., 2003).

Na maioria das vezes os microrganismos utilizados para o desenvolvimento dessa técnica são bactérias, fungos, principalmente os de estrutura filamentosa e leveduras. Destes, as bactérias são as mais importantes por possuírem funções bioquímicas que atuam na destruição ou transformação de contaminantes de alta periculosidade em resíduos não nocivos à saúde humana e meio ambiente (NRC, 1993).

A fitorremediação consiste na utilização de vegetais que, por viver em simbiose com outros organismos e se desenvolver em solos contaminados com metais pesados e compostos orgânicos, atuam na redução desses contaminantes a níveis seguros para a saúde humana e ambiental (TEIXEIRA, 2013). Essa técnica é vantajosa, pois sua aplicação é *in situ* e de baixo custo e, além disso, é uma técnica que pode ser aplicada à extensas áreas sem acarretar o risco de contaminações secundárias (TAVARES et al., 2013).

RECUPERAÇÃO POR GEOTÉCNICAS

A erosão consiste em um processo de degradação do solo, sendo, portanto necessário à implantação de técnicas de contenção da água, tais como barreiras físicas denominadas terraços, canais escoadouros e caixas de contenção que impeçam o escoamento superficial da água e conseqüentemente o carreamento de partículas do solo (GUERRA et al., 2007; PEREIRA et al., 2013).

As voçorocas que são um tipo mais acentuado de erosão precisam ser estabilizadas tanto em largura quanto em profundidade, sendo necessária então, a quebra da energia hidráulica da água para evitar o escoamento. Portanto, adota-se o desvio do fluxo de água ou controle de velocidade e volume desta (PEREIRA et al., 2013). Os terraços são um canal construído a partir da remoção de terra, sendo constituídos de um camalhão ou dique que proporcionam a redução da velocidade da água da chuva, de modo a reduzir a quantidade de água na cabeceira da voçoroca (FILIZOLA et al., 2011; ISMAEL et al., 2014).

Os terraços devem passar por uma constante manutenção a fim de limpar, desobstruir e reparar os canais, pois o rompimento dessa estrutura pode comprometer toda a recuperação da área degradada (FILIZOLA et al., 2011). Nesse sentido, os terraços atuam como barreira física proporcionando o acúmulo da água na base do solo e conseqüentemente a infiltração desta, impedindo o escoamento que leva ao processo de erosão (PEREIRA et al., 2013).

Os terraços devem ser construídos principalmente em áreas de declividade média a moderada onde as práticas conservacionistas de revegetação não sejam suficientes para controlar o processo de erosão do solo (ISMAEL et al., 2014). Outra prática semelhante ao terraceamento consiste na construção de canais escoadouros feitos de concreto, cuja finalidade é coletar e transportar águas provenientes dos terraços (GUERRA et al., 2007).

Em leitos de estradas é utilizada a técnica de caixas de contenção que consiste em tricheiras escavadas nas laterais das estradas a fim de acumular água proveniente do escoamento superficial, quebrando a energia de escoamento da água, evitando, dessa forma que o processo de erosão ocorra (CUNHA et al., 2013).

A eficiência das caixas de contenção depende da manutenção adequada, pois em um período aproximado de um ano, começam a reduzir a capacidade de

armazenamento e/ou liberar mau cheiro e atrair insetos devido à água parada. Alguns cuidados são necessários com as caixas de retenção: aumento da profundidade e limpeza para retirar os sedimentos, recomposição da vegetação no entorno do recipiente e limpeza dos canais que interconectam as caixas (CUNHA et al., 2013).

Com relação à periodicidade da manutenção o mais indicado é que após cada período de chuva, as caixas sejam vistoriadas para identificação da quantidade de material carregado pela água e limpeza da argila depositada no fundo desses recipientes, pois esta dificulta a infiltração da água no solo (BAESSO & GONÇALVES, 2003). A vantagem da limpeza das caixas é o aumento da capacidade desta em armazenar água e sedimentos, reduzindo as chances destes se depositarem nos rios e causarem assoreamento, turbidez, acúmulo de matéria orgânica e poluente (CUNHA et al., 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas apontadas nesse estudo são eficientes na recuperação de ambientes degradados. Contudo, a interação entre as diversas técnicas proporciona um melhor controle da degradação dos solos.

Entre os métodos citados, a cobertura do solo com espécies arbóreas, bem como a utilização das podas para adubação verde pode ser apontada como um dos métodos mais eficientes para evitar que o processo de erosão em solos agricultáveis ocorra e dessa forma o terreno se torne degradado.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Degradação do solo**: terminologia. NBR 10.703. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração**. NBR 13.030. 1999.

ALDAY J. G.; MARRS, R. H.; MARTÍNEZ-RUIZ C. Vegetation succession on reclaimed coal wastes in Spain: the influence of soil and environmental factors. **Applied Vegetation Science**, v. 14, n. 1, p. 84–94, 2011.

ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agrossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 933-942, 1999.

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, ISABEL C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, v. 35, n. 3, p. 17-43, 2010.

ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVA, G. P.; PAIVA, F. C.; MACEDO, R. S.; GOMES, G. V.; CARGINELUTTI FILHO, A. Dinâmica de decomposição de espécies utilizadas como plantas de cobertura, cultivadas em safrinha, no Cerrado

do sudoeste goiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-4.2005.

BAESSO, D. P. GONÇALVES, F. L. R. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção.** Florianópolis: DER, 2003. 204 p.

BARTOLOMEU, D. **Análise da vulnerabilidade dos recursos hídricos na região urbana de São Carlos (SP) por vazamentos em postos de combustíveis, utilizando o método GOD e avaliação dos condicionantes geotécnicos.** 2012. 173f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

BERNETH, L.; FIRTH, I.; MCALLISTER, P.; RHODES, S. Biotechnologies for remediation and pollution control in the mining industry. **Minerals and Metallurgical Processing (USA)**, v. 17, n. 2, p. 105-111, 2000.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** 7. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BORGES, M. J.; PISSARRA, T. C. T.; VALERI, S. V.; OKUMURA, E. M. Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia Forestalis**, n. 69, p. 93-103, 2005.

CASTRO, N. E. A.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CARVALHO, G. J.; MARQUES, R. M.; GONTIJO NETO, G. F. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, p. 775-785, 2011.

CERETTA, C. A.; BASSO, J. C.; HERBES, M. G.; POLLETO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo em milho sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 32, p. 49-54, 2002.

COLLOVINI, F. T. **Práticas agrícolas utilizadas na recuperação do solo de uma propriedade familiar em arroio dos pratos/RS.** 2013. 64 f. Monografia (Tecnólogo em Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Arroio dos Ratos, RS, 2013.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PERERIRA, F. T. F.; HERMANI, L. C. Sistemas de produção. **Revista Embrapa Milho e Sorgo**, n. 1, 2006.

CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. Medidas de controle de erosão em estradas rurais na bacia do rio das pedras, Guarapuava-PR/Erosion control measures of rural roads in the Rio das Pedras basin, Guarapuava, Paraná (Brazil). **Revista Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, 2013.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Org.). **Recuperação de Áreas Degradadas.**

VIÇOSA, MG: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. 251 p.

EHLERS, E. **O que se entende por agricultura sustentável?** 1994. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo, SP, 1994.

FARIAS, A. A.; ALVES, T. L. B.; CORREIA, F. G.; MORAES NETO, J. M. Vulnerabilidade tecnológica da população do entorno da bacia hidráulica do açude Manoel Marcionista, Taperoá/PB. **Polêmica**, v. 12, n. 2, p. 322-333, 2013.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Estabelecimento de mata ciliar às margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Ciência Florestal**, v. 19, p. 69-81, 2009.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S.; CANIL, K.; SOUZA, M. D.; GOMES, M. A. F. Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos. 1. ed. Jaguariuna: **EMBRAPA MEIO AMBIENTE**, 2011. 7 p.

FLORENTINO SANTOS, D. et al. O Meio Físico na Recuperação de Áreas Degradadas. **Revista da Ciência da Administração Recife**, PE: 2011. Versão eletrônica v.4

FORGIARINI, M. S.; AULER, D. A abordagem de temas polêmicos na educação de jovens e adultos: o caso do "florestamento" no Rio Grande do Sul. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 8, n. 2, p. 2, 2009.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, 340p.

ISMAEL, F. C. M.; LEITE, J. C. ISMAEL, A. P.; GOMES, N. A.; SILVA, K. B. Diagnóstico da erosão do solo na área do Campus da UFCG em Pombal - PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 77-86, 2014.

JACKSON, L.; LOPOUKHINE, N.; HILLYARD, D. Ecological restoration: a definition and comments. **Restoration Ecology**, Malden, v.3, n.2, p. 71-75, 1995.

KAGEYAMA, P.; SANTARELLI, E.; GANDARA, F. B.; GONÇALVES, J. C.; SIMIONATO, J. L.; ROBERTO, L.; GERES, W. Revegetação de Áreas Degradadas: Modelos de Consorciação com Alta Diversidade. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas – **SINRAD**, 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: FUPEV, p. 16-29.1994.

KOPEZINSKI, I. **Mineração X meio ambiente**: principais impactos ambientais e seus processos modificadores. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2000. 103 p.

KRUTZ, L. J.; SENSEMAN, S. A.; ZABLOTOWICZ, R. M.; MATOCHA, M. A. Reducing herbicide runoff from agricultural fields with vegetative filter strips: a review. **Weed Science**, v. 53, p. 353–367, 2005.

LAL, R.; HALL, G. F.; MILLER, F. P. Soil degradation. **Land Degradation & Rehabilitation**, v. 1, n. 1, p. 51-69, 1989.

MARQUES, M.; AGUIAR, C. R. C.; SILVA, J. J. L. S. Technical challenges and social, economic and regulatory barriers to phytoremediation of contaminated soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2011.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009. 270 p.

MATIAS, G. D. V.; SILVA, L. M. R.; KHAN, A. S. Perfil dos produtores de frutas do Município de Limoeiro do Norte-CE frente ao novo paradigma de desenvolvimento do setor. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.1, p. 5-11, 2003.

MOGNON, A. C. **O uso de quebra-ventos na pecuária e na agricultura**. Cuiabá: Artigo da Universidade Federal do Mato Grosso, 2003.

MOHAJERI, S.; AZIZ, H. A.; ISA, M. H.; ZAHED, M. A.; ADLAN, M. N. Statistical optimization of process parameters for landfill leachate treatment using electro-Fenton technique. **Journal of Hazardous Materials**, v.176, p.749-758, 2010.

MARQUES, E. J. N. **Remediação de solo contaminado com hidrocarbonetos derivados de combustíveis utilizando lavagem oxidativa**. 2012. 142f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2012.

MATOS, F. C. A. E. **A obrigação de reparação ambiental versus responsabilidade civil: a poluição por hidrocarbonetos, no mar e nos oceanos**. 2012. 154 f. Dissertação (Mestre em Direito) – Universidade Autónoma de Lisboa, Lisboa, 2013.

MEDEIROS, R. B.; PINTO, A. L.; MIGUEL, A. E. S.; OLIVEIRA, G. H. Avaliação da vulnerabilidade ambiental na área do assentamento são Joaquim, Selvíria/MS. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 15, n. 49, p. 126–137, 2014.

NANO, G.; BORRONI, A.; ROTA, R. Combined slurry and solid-phase bioremediation of diesel contaminated soils. **Journal of hazardous materials**, v. 100, n. 1, p. 79-94, 2003.

NRC: NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *In Situ Bioremediation: When Does It Work?* Washington, DC, National Academy Press, 1993.

NETO, F. S.; PASSINI, T. Leguminosas de inverno para cobertura de solo em plantio direto de feijão. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 1, 2014.

NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M.; MARTINS, C. A. S; BERNARDES, C. O. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14; p. 21- 22, 2012.

ODENATH, P. L. A.; SKORA NETO, F.; PASSINI, T. Leguminosas de inverno para cobertura de solo em plantio direto de feijão. **Cadernos de Agroecologia**, v 9, n. 1, 2014.

PAULINO, V. T.; SCHUMANN, A. M.; SILVA, S. C.; RASQUINHO, N. M.; SANTOS, K. M. Impactos ambientais da exploração pecuária em sistemas intensivos de pastagens. **Informe Agropecuário**, v.33, n.266, p.17-24, 2012.

PEREIRA, D. N.; OLIVEIRA, T. C.; BRITO, T. E.; AGOSTINI, A. F.; LIMA, P. F.; SILVA, A. V.; SANTOS, C. S.; BREGAGNOLI, M. Diagnóstico e recuperação de áreas de pastagens degradadas. **Revista Agrogeoambiental**, n. 1, p. 49-53, ago. 2013.

PORTO, R. A.; KOETZ, M.; TOLEDO, A. M. A.; ANDRADE, M. E. F. R. Práticas e percepção ambiental do produtor de soja da região de Rondonópolis. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n.14; p. 1350-1362, 2012.

RODRIGUES, R. R.; LIMA. R. A. F.; GANDOLFI. S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1242-1251, 2009.

ROUSSEAU, S.; HARTMANN, A.; ROUARD, N.; SOULAS, G. A simplified procedure for terminal restriction fragment length polymorphism analysis of the soil bacterial community to study the effects of pesticides on the soil microflora using 4,6-dinitroorthocresol as test case. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 250-254, 2003.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo em bacias hidrográficas do município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambiente e Água**, v. 6, n. 3, p. 110-126, 2011.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO. **Restauração ecológica [recurso eletrônico]:** sistemas de nucleação. Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. 2011.

SILVA, R. C. S.; ALMEIDA, J. C. R.; BATISTA, G. T.; FORTES NETO, P. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias**, p.1-13, 2011.

SUERTEGARAY, D. M. A. Erosão nos campos sulinos: arenização no Sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, p.61- 74, 2011.

TAVARES, S. R. L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos.** 2009. 371f.

Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

TAVARES, S. R. L. **Remediação de solos e águas contaminadas**: conceitos básicos e fundamentos. Joinville, SC: Clube de autores, 2013. 61-89 p.

TAVARES, S. R. L.; OLIVEIRA, S. A.; SALGADO, C. M. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013. Florianópolis. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2013.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S. Recuperação florestal em uma área degradada pela exploração de areia no Distrito Federal. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, GO, v. 5, n. 13, p. 183-195, 2011.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S.; BORGES, J. D.; CASTRO, D. S.; SOUZA, D. M.; MONTEIRO, M. M.; CALIL, F. N. Incremento de espécies arbóreas em plantio de recuperação de área degradada em solo de cerrado no Distrito Federal. **Bioscience Journal**, v.29, n.1, p.143-151, 2013.

VIEIRA, I. C. G.; NEPSTAD, D. C.; BRIENZA J. R.; S, PEREIRA, C. A impor tânica de áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazônia. In: FERREIRA, E. J. G.; SANTOS, G. M.; LEOA, E. I.; OLIVEIRA, L. A. (Ogs) **Bases científicas para estratégias e desenvolvimento da Amazônia**. INPA, Manaus, AM. p.43-53, 1993.

WADT, P.G.S.; PEREIRA, J.E.S.; GONÇALVES, R.C.; SOUZA, C.B.C.; ALVES, L.S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco AC, Embrapa Acre, 2003. 29 p.