

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**USO DE POLÍMEROS ANIÔNICOS DE POLIACRILAMIDA EM ÁREAS
AGRÍCOLAS NA REDUÇÃO DA EROSÃO HÍDRICA: UMA REVISÃO**

FERNANDO NOGUEIRA SILVEIRA

ENGENHARIA AGRONÔMICA

Jaboticabal – SP
2º Semestre/2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**USO DE POLÍMEROS ANIÔNICOS DE POLIACRILAMIDA EM ÁREAS
AGRÍCOLAS NA REDUÇÃO DA EROÇÃO HÍDRICA: UMA REVISÃO**

FERNANDO NOGUEIRA SILVEIRA

Orientador: Douglas Henrique Bandeira

Trabalho apresentado à Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias –
UNESP, Câmpus de Jaboticabal,
para graduação em Engenharia
Agrônômica.

Jaboticabal – SP
2º Semestre/2024

S587u

Silveira, Fernando Nogueira

Uso de polímeros aniônicos de poliacrilamida em áreas agrícolas na redução da erosão hídrica: uma revisão / Fernando Nogueira Silveira. -- Jaboticabal, 2024
37 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Douglas Henrique Bandeira
Coorientador: Marcílio Viera Martins Filho

1. Solos. 2. Erosão. 3. Polímeros. I. Título.

FERNANDO NOGUEIRA SILVEIRA

**USO DE POLÍMEROS ANIÔNICOS DE POLIACRILAMIDA EM ÁREAS
AGRÍCOLAS NA REDUÇÃO DA EROSÃO HÍDRICA: UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Henrique Bandeira
Coorientador: Marcílio Vieira Martins Filho

Área de Concentração: Conservação do solo e da água

Data da defesa: 14 / 10 / 2024

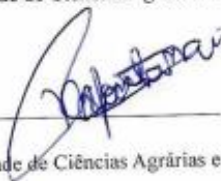
(X) Aprovado

() Reprovado

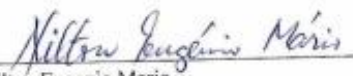
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Douglas Henrique Bandeira
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



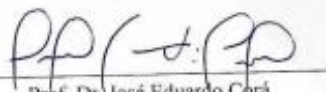
Rafael Montanari
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Nilton Eugênio Mário
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

29 / 10 / 24



Prof. Dr. José Eduardo Corá
Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais que sempre me apoiaram e demonstraram a importância do estudo. Agradeço ao Professor Douglas, sem o qual a realização desse trabalho não seria possível, por sempre estar disponível e não medir esforços para me orientar. E, por fim, agradeço aos meus amigos de República Tôa-Tôa por todos os anos de amizade na república que vão extrapolar a graduação.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Erosão hídrica.....	10
2.1.1. Classificação da erosão hídrica.....	14
2.1.2. Fatores que afetam a erosão do solo.....	14
2.1.2.1. Precipitações	15
2.1.2.2. Solo.....	17
2.1.2.3. Relevo.....	18
2.1.2.4. Fator uso e manejo do solo	19
2.2. Polímeros aniônicos de poliacrilamida (PAM).....	20
2.2.1. Redução dos processos erosivos com aplicação do PAM	22
3. PESQUISAS FUTURAS	28
4. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

RESUMO

USO DE POLÍMEROS ANIÔNICOS DE POLIACRILAMIDA EM ÁREAS AGRÍCOLAS NA REDUÇÃO DA EROÇÃO HÍDRICA: UMA REVISÃO

A erosão hídrica gera significativas perdas de solo e de nutrientes nos solos agrícolas brasileiros, causando impactos negativos como a perda do seu potencial produtivo e aumento nos custos de produção. Sendo assim, é necessário a busca por soluções ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis para sua mitigação. A aplicação de polímeros aniônicos de poliacrilamida (PAM) é uma dessas alternativas que ainda foi pouco explorada no aspecto agrônomo, a nível de Brasil, e por isso carece de um aprofundamento nas pesquisas. Em outras partes do mundo, a eficiência do uso desse condicionante do solo já tem sido comprovada na redução dos processos erosivos. Portanto, este trabalho teve como objetivo buscar na literatura trabalhos que comprovam e que justificam o seu uso em terras agrícolas, no que diz respeito a redução da erosão, bem como expor o rumo das novas pesquisas.

Palavras-chave: erosão; água; solo; polímeros; PAM

ABSTRACT

USE OF ANIONIC POLYACRYLAMIDE POLYMERS IN AGRICULTURAL AREAS TO REDUCE WATER EROSION: A REVIEW.

Water erosion causes significant soil and nutrient losses in Brazilian agricultural soils, causing negative impacts such as loss of productive potential and increased production costs. Therefore, it is necessary to seek environmentally sustainable and economically viable solutions to mitigate this issue. The application of anionic polyacrylamide polymers (PAM) is one of these alternatives that has not been widely explored in terms of agronomy in Brazil, and therefore requires further research. In other parts of the world, the efficiency of using this soil conditioner has already been proven to reduce erosion processes. Therefore, this study aimed to search the literature for studies that prove and justify its use in agricultural lands with regard to reducing erosion, as well as to outline the direction of new research.

Key-Words: Soil; erosion; water; polyacrylamide; PAM

1. INTRODUÇÃO

O combate a erosão do solo é uma prática tão antiga quanto a agricultura. Desde que o nomadismo foi abandonado e o Homem se tornou sedentário, a civilização passou a exigir mais dos solos, o que destruía as coberturas vegetais e expunha o recurso não renovável a processos erosivos.

Logo percebeu-se que a erosão do solo estava diretamente ligada a cobertura do terreno e, deste modo, terrenos com a falta de cobertura ou com excesso de uso, apresentavam o processo erosivo de maneira mais ativa. Assim, o problema parecia ser incontrollável na ausência da proteção das plantas. Havia a teoria que atribuía a cobertura vegetal a diminuição do escoamento da enxurrada e sua uniformidade na superfície no escoamento morro abaixo.

Somente no século XX, descobriu-se o efeito do impacto das gotas de chuva em um terreno descoberto, que tem como consequência o desprendimento de partículas do solo, principal fase da erosão hídrica do solo. Desse modo, o escoamento superficial passou a ser apenas mais um dos fatores que atuam no problema. Já a proteção da superfície do solo, atua de maneira inversa, sendo uma das aliadas na proteção deste recurso natural.

Em geral, a erosão hídrica do solo é um processo natural, presente em todo o mundo, e seus efeitos são agravados quando há interferência do homem na natureza. Isso reflete a dualidade entre os processos naturais e a ação humana no contexto da erosão do solo. De fato, a erosão hídrica é um fenômeno natural que ocorre quando a água da chuva ou dos rios remove e transporta partículas de solo de uma área para outra. Esse processo é comum em praticamente todos os ecossistemas da Terra, desempenhando um papel

importante na modelagem da paisagem ao longo do tempo. No entanto, a interferência humana pode agravar significativamente seus impactos, tornando a erosão um problema mais severo, especialmente em áreas agrícolas, urbanas e desmatadas (Lima *et al.*, 2023).

Para conter a erosão hídrica do solo em áreas agrícolas, florestais e de pastagens, surgiram práticas de manejo chamadas de práticas conservacionistas de suporte. Essas práticas referem-se à implementação de técnicas e estratégias de manejo sustentável do solo, com o objetivo de reduzir os processos erosivos e preservar a integridade dos ecossistemas. As práticas conservacionistas são essenciais para mitigar a degradação ambiental causada pela erosão, principalmente em áreas que sofrem pressão constante devido à atividade humana, como a agricultura, o manejo de florestas e o uso de pastagens (Queiroz *et al.*, 2018).

Uma das técnicas de manejo que podem contribuir para a redução dos impactos promovidos pela erosão é a aplicação de condicionantes do solo. Dentre eles, está a adoção dos polímeros aniônicos de poliacrilamida (PAM). Seu uso vem ganhando destaque devido à sua eficácia em controlar processos erosivos e melhorar a qualidade do solo, sendo amplamente empregada para a preservação da estrutura do solo e a retenção de água.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi abordar o uso do PAM na agricultura, como técnica de redução da erosão, seus efeitos e seus resultados encontrados na literatura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Erosão hídrica

A erosão é definida como um processo de perda de solo, causado pelos agentes erosivos e fortemente influenciado pela atividade do homem (Foster, 1982). O processo erosivo conta com três fases: desagregação, transporte e deposição. Nem sempre distintas uma das outras, já que podem ocorrer concomitantemente (Ellison, 1947). A desagregação consiste no desprendimento do grânulo de rocha ou de partículas de solo do material que os contém. É a primeira e mais importante fase da erosão, pois, não ocorrendo essa fase, as demais também não existiriam (Carvalho *et al.*, 2002). O transporte consiste na remoção das partículas desagregadas da massa do solo para algum lugar fora do ponto de origem, independentemente da distância a que são transportadas. Por fim, a deposição é a parada do material desagregado e transportado, em algum ponto sobre a superfície da terra.

A ação humana através da agricultura, desmatamento, queimadas e ocupação desordenada nas encostas, sobretudo, nas grandes cidades, favorecem esse processo e prejudicam o meio ambiente. Já que essas ações, tendem a remover a vegetação de cobertura natural dos solos, o que resulta na diminuição da fertilidade natural destes, aumenta a suscetibilidade do solo em resistir a erosão, bem como a contaminação do ambiente em diversos locais (Sharpley *et al.*, 1994). Essa contaminação ocorre pelo assoreamento e poluição das águas e resultam na degradação e consequente perda do potencial produtivo desses ecossistemas. Portanto, a erosão hídrica representa uma

ameaça a sustentabilidade do planeta, o que impacta negativamente as populações (Tadesse *et al.*, 2017).

Além da erosão hídrica, a erosão pode ser classificada, de acordo com o agente erosivo, em *erosão glacial* e *erosão eólica* (Souza, 2006). Esta última é característica de regiões planas, de pouca chuva, onde a vegetação natural é reduzida e sopram ventos fortes. No Brasil esse cenário ocorre, sobretudo, na Bahia e no Rio Grande do Sul. Além do empobrecimento do solo, a erosão eólica ocasiona morte das plantas e ainda prejudica as estradas de ferro e rodovias.

De acordo com FAO (2015), 35% da erosão do solo é causada pelas chuvas e pelo vento, ou seja, hídricas ou eólicas, em áreas com excesso de pastoreio, característica comum no sistema produtivo brasileiro. Outros 30% da erosão do solo, decorrem dos efeitos das queimadas e do desmatamento, também muito presentes no Brasil, além de outros 28% que é influenciada por práticas agrícolas inadequadas.

Dentre essas práticas, as operações de preparo de solo apresentam destaque. Elas são capazes de alterar o microrrelevo e a cobertura vegetal, o que pode promover a exposição da superfície à ação das gotas de chuva e enxurradas (Panachuki *et al.*, 2011).

Assim, o tipo de preparo e os implementos utilizados resultam em diferenças quanto à quantidade de resíduos culturais remanescentes na superfície. O sistema convencional incorpora todos esses resíduos, enquanto o sistema de plantio direto busca manter os resíduos culturais na superfície (Beutler *et al.*, 2003).

Deste modo, o uso do sistema convencional, caracterizado por trabalhar toda a extensão da superfície do solo em considerável profundidade e com elevado grau de fragmentação do volume de solo mobilizado (Gilles *et al.*, 2009) pode elevar as perdas de nutrientes e de matéria orgânica por erosão hídrica, o que aumenta os custos financeiros e os riscos ambientais.

Por outro lado, os sistemas conservacionistas, que adotam pouco ou nenhum revolvimento do solo e mantem a cobertura vegetal sobre sua superfície são mais eficazes no controle das perdas de solo e água por erosão hídrica.

Os incêndios florestais, além de causarem os danos diretos já conhecidos, como a destruição das florestas, são um dos principais fatores de degradação dos solos, já que a erosão do solo é potencializada em áreas que foram queimadas, justamente por tornarem as áreas desprovidas de vegetação de cobertura, como no caso do preparo convencional, o que pode resultar na devastação de áreas muito grandes (Prosser & Williams, 1998; Benavides-solorio & Macdonald, 2005; Wittenberg & Inbar, 2009; Neary *et al.*, 2012).

No Brasil, segundo o INPE (2020), 318 mil km² de área florestal foram queimados no ano de 2019, o que significou o dobro da área queimada no ano anterior. No bioma do pantanal ocorreu um aumento de 573% na comparação desses dois anos. Logo após, a instituição também publicou resultados que chamaram a atenção pro desmatamento. Segundo dados do INPE (2022) o mês de setembro foi o que apresentou maior área em km² desmatada desde 2015.

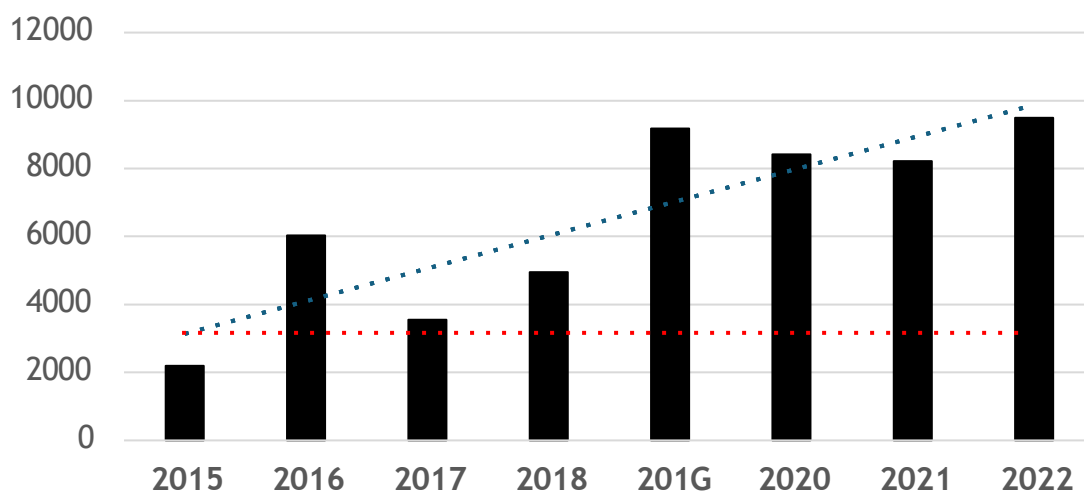


Figura 1. Área desmatada (km²).
Fonte: INPE (2022).

Com o desmatamento, além da perda do solo, recurso não-renovável, os nutrientes também são transportados pelo escoamento superficial, tanto os adsorvidos aos sedimentos, quantos os solúveis na água. O que implica na necessidade de reposição desses elementos via adubação, resultando prejuízo financeiro pelo aumento dos custos de produção.

Por este motivo após um incêndio florestal, as primeiras medidas buscam mitigar os efeitos da erosão do solo, através da proteção da camada superficial, geralmente com cobertura vegetal, ou com a utilização de barreiras para redução dos impactos das gotas de chuva e do fluxo de escoamento superficial (ROBICHAUD *et al.*, 2010; FERNANDEZ *et al.*, 2011; DIAZ-RAVINA *et al.*, 2012). Um método alternativo para proteger o solo contra a erosão é a aplicação de substâncias que melhoram a estrutura do solo e modificam os processos que levam às perdas de água e solo.

Nesse sentido, a poliacrilamida (PAM) pode ser uma alternativa eficiente na busca pela redução da erosão hídrica, processo presente em larga escala no Brasil e com dificuldades de controle.

2.1.1. Classificação da erosão hídrica

A erosão hídrica pode ser classificada de acordo com o agente causador ou de acordo com sua forma. Conforme o agente causador, esta pode ser: pluvial, fluvial, lacustre ou marinha. Outra classificação da erosão pode ser feita de acordo com a sua forma, sendo ela: erosão em entre sulcos e erosão em sulcos (Endres *et al.*, 2006; Tominaga *et al.*, 2009; Dyonisio, 2010).

A erosão em entre sulcos é aquela em que há formação de lâmina de água na superfície do solo, sem que aconteça a concentração da enxurrada em sulcos. A erosão em sulcos, fase sequencial do processo erosivo, ocorre a mudança do fluxo de escoamento, em que este deixa de ser difuso e torna-se concentrado, na forma de sulcos de erosão, ou seja, ocorre a concentração da enxurrada na superfície do solo. Geralmente, esses sulcos são oriundos de depressões naturais do terreno ou de marcas de preparo deixadas na superfície do solo. Em seu estágio avançados, esses sulcos podem aumentar de tamanho e profundidade, dando origem as voçorocas.

2.1.2. Fatores que afetam a erosão do solo

A magnitude da erosão é definida pela interação dos fatores que a acometem, nesse processo atuam forças ativas, como as características da chuva, a declividade e o comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água, e, forças passivas, especificamente, a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal.

Assim, a combinação desses fatores determina os impactos da erosão hídrica, já que estão interligados. A água da chuva exerce sua ação erosiva sobre

o solo pelo impacto das gotas que caem com velocidade e energia variáveis, dependendo do seu diâmetro, e pelo escoamento da enxurrada.

Por sua vez, o volume e a velocidade dessa enxurrada estão atrelados a chuva e ao terreno, através da sua declividade e comprimento do declive, além do solo, por meio da sua capacidade de absorção de água. Isto é, chuvas intensas em terrenos com alta declividade e com um solo de baixa capacidade de absorção, resultam em uma erosão de grande impacto. Por outro lado, chuvas mais fracas em terrenos menos declivosos e solo com boa capacidade de absorção, não ocasionam processos erosivos muito problemáticos.

A resistência que o solo exerce a ação erosiva está relacionada as suas propriedades físicas e químicas, ademais a cobertura vegetal também influencia nessa erodibilidade.

Por fim, a solução do problema da erosão, está no entendimento da relação entre estes fatores que a influenciam, já que mesmo que alguns não possam ser modificados diretamente, todos podem ser controlados, desde que tenham seu modo de ação compreendido, o que possibilita a mitigação dos efeitos do processo erosivo (Sobrinho; Barbosa, 2022).

2.1.2.1. Precipitações

As características da chuva que mais impactam os processos erosivos são a intensidade, duração e a quantidade de chuva. Assim, estas determinam o índice de Erosividade das chuvas, ou seja, o potencial que determinada chuva apresenta em causar erosão.

A intensidade da chuva é matematicamente definida por uma fração, qual o numerador é o volume e o denominador é o tempo. Deste modo, chuvas mais intensas, isto é, de maior volume em um curto período, apresentam maior potencial erosivo, já que apresentam maior velocidade e, conseqüentemente, maior desagregação das partículas do solo.

Segundo Castro (1956), uma chuva com duração de trinta minutos e intensidade de sessenta milímetros por hora, resulta na perda de seis toneladas de solo por hectare. Enquanto chuvas mais intensas, de 120 milímetros por hora, durante 15 minutos, ocasionam a perda 15,3 toneladas de solo. Portanto, fica evidente o impacto da intensidade da precipitação no processo erosivo.

Intensidade (mm/h)	Duração (minutos)	Perda de solo (ton/ha)
60	30	6
120	15	15,3

Além da intensidade, as frequências das chuvas e sua distribuição sazonal também interferem na intensidade da erosão. Chuvas em intervalos curtos, aumentam o escoamento e, por este motivo, resultam em maior erosão. Enquanto chuvas bem distribuídas tendem a não afetar a física do solo, reduzindo as erosões.

Outro fator que merece destaque é o impacto das gotas de chuva. Essas desprendem partículas de solo no local que há o impacto, podendo atirá-las a até 60 centímetros de altura. Além disso, transportam, por salpicamento, as partículas depreendidas e imprimem energia em forma de turbulência, a água superficial.

2.1.2.2. Solo

Para uma mesma precipitação, a erosão provocada será diferente, de acordo com os tipos de solos e as suas propriedades. A interação dessas propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas determina a resistência de um solo a uma determinada incidência de energia cinética que incide sobre sua superfície. A capacidade de resistir a essa incidência de energia e, portanto, resistir a erosão, é chamada de erodibilidade do solo.

Assim, a textura influencia nessa erodibilidade do solo. O solo arenoso, maior porosidade, pode absorver toda a quantidade de água no caso de uma chuva de baixa intensidade, porém por não apresentarem ligação entre as partículas grandes, uma pequena quantidade de enxurrada que escorre sobre sua superfície já pode arrastar um grande volume de solo. Por outro lado, o solo argiloso apresenta espaços porosos menores, o que dificulta a absorção de água e resulta em um maior escoamento na superfície, contudo a força de coesão entre suas partículas é maior, o que colabora com a resistência a erosão.

Algumas características do subsolo, os teores de matéria orgânica (MO) e a profundidade do solo, também influenciam nessa resistência a erosão. Dessa forma, a quantidade de matéria orgânica no solo pode ser uma aliada no combate a erosão. Em solos argilosos a MO é capaz de modificar a estrutura com o incremento de arejamento e retenção de água, devido as expansões e contrações alternadas oriundas de seu umedecimento e secamento sucessivos. Já nos solos arenosos, a matéria orgânica consegue aglutinar as partículas, o que reduz o tamanho dos poros e, portanto, aumenta a capacidade de retenção da água.

Nesse sentido, as características do subsolo e a profundidade do solo também interferem na capacidade de armazenamento de água no solo. Por exemplo, um solo solto com subsolo de textura média deverá absorver mais água que esse mesmo solo com um subsolo mais completo e pouco permeável.

Deste modo, a influência do solo está na sua capacidade de interagir positivamente ou negativamente com os modos de erosão em sulcos e entre sulcos.

2.1.2.3. Relevo

O relevo tem grande importância do processo erosivo, visto que a declividade é o principal fator responsável pela menor ou maior infiltração das águas das chuvas (Calderano Filho *et al.*, 2014).

Duas características do declive são determinantes para a erosão, seu comprimento (L) e a sua declividade (S). Segundo Denardin, J. E. (1978), sob uma chuva de 126 milímetros, uma rampa de 11 metros de comprimento resulta em uma perda de 36,3 toneladas de solo por hectare, enquanto uma rampa de 33 metros ocasiona uma perda de 78.4 toneladas de solo por hectare.

Além do comprimento, a regularidade do relevo, também afeta as perdas de solo. Uma declividade regular favorece a continuidade da rampa, o que resulta no aumento da ocorrência e da velocidade das enxurradas, ou seja, maior erosão.

Por fim, o fator declividade (S) também exerce influência nas perdas de solo. Quanto maior o declive, menor o tempo de infiltração, menor o armazenamento no solo e, portanto, maior fluxo, o que aumenta a erosão.

2.1.2.4. Fator uso e manejo do solo

Baseia-se na cobertura do solo e as condições de superfície criadas pelos diferentes métodos de manejo do solo. Ou seja, dos fatores citados neste trabalho, a cobertura do solo é o de mais fácil controle pelo produtor e, conseqüentemente, o que menos exige gastos.

A cobertura vegetal, atua como proteção do solo contra a ação das gotas de chuva por meio da interceptação da água pela estrutura vegetal localizada acima da superfície do solo (Rodrigues *et al.*, 2015). Essa proteção ao solo pode ser realizada pela copa das plantas, que dissipam energia e interceptam a água e/ou por barreiras na superfície do solo, como a palhada, que diminuem a velocidade de fluxo, favorecem a infiltração e aumentam a tortuosidade do fluxo.

Para a escolha adequada de uma espécie no planejamento conservacionista devem ser considerados alguns fatores, como: grau de cobertura oferecido, arquitetura foliar, época de plantio, adaptabilidade aos diferentes solos e climas, rusticidade, precocidade e o manejo.

Essa escolha é fundamental, visto que a espécie correta, pode controlar até 95% da erosão, o que torna a cobertura do solo o fator isolado de maior importância no controle da erosão (Amado, 1985).

Além das plantas de cobertura, existem outras práticas de caráter vegetativo que visam controlar a erosão pelo aumento da cobertura vegetal do solo e incorporação de resíduos, proteção contra as gotas de chuva e diminuição da velocidade das enxurradas. Como as pastagens, sobretudo em áreas de risco, nas quais as culturas não são indicadas, uso do florestamento e

reflorestamento, adoção das culturas em faixas e, por fim, a utilização de quebra ventos.

Somado a estas práticas vegetativas, devem ser adotadas as práticas edáficas, isto é, aquelas relacionadas a melhoria das condições de fertilidade do solo, sobretudo, a calagem, as fertilizações, controle das queimadas e a rotação de culturas.

Finalmente, existem também as práticas de caráter mecânico, são elas: bacias de captação, terraceamento, cultivo em contorno, controle de voçorocas e patamares de pedras. Geralmente, essas práticas exigem maior aporte financeiro, porém o benefício não se restringe somente ao produtor que a adota, mas sim toda sociedade.

2.2. Polímeros aniônicos de poliacrilamida (PAM)

Poliacrilamida (PAM) é o polímero formado a partir de monômeros de acrilamida, a formulação difere conforme peso molecular, carga iônica e densidade de carga. O peso molecular define a extensão da cadeia do polímero. Dessa forma, maior cadeia do polímero, maior peso molecular. A substituição do componente amina (NH_2) no monômero de acrilamida determina a sua carga iônica, que será positiva (catiônica), negativa (aniônica) ou neutra (não iônica). A poliacrilamida tem a sua densidade definida pela quantidade de substituições da amina aplicada na extensão da cadeia polimérica, sendo as poliacrilamidas aniônicas ambientalmente seguras para uso devido ao seu baixo teor de acrilamida e elevado peso molecular (Bavernik 1994; Seybold *et al.*, 1994; Sojka

e Surapaneni 2000; Sojka *et al.*, 2007; Vacher *et al.*, 2003; Labahn *et al.*, 2010; lu *et al.*, 2012; Thakur *et al.*, 2018).

Os polímeros são considerados uma molécula única, apesar de seu tamanho, já que as cadeias poliméricas são reticuladas umas às outras (em forma de rede e entrelaçadas). Pequenas mudanças no ambiente como, na temperatura, pH, carga elétrica, presença de espécies iônicas e presença de enzimas podem alterar o tamanho o teor de água da estrutura da poliacrilamida (Thakur *et al.*, 2018).

As propriedades flocculantes deste condicionador de solo reduzem os efeitos da desagregação de partículas e ainda incrementam as forças vinculativas dos agregados. Além disso, a aplicação da PAM apresenta efeitos nas propriedades físicas do solo, melhorando a porosidade e a infiltração de água no perfil do solo (Vleeschauwer *et al.*, 1978).

Esses benefícios potenciais da aplicação de polímeros, conforme citado anteriormente, dependem de algumas das suas propriedades, como: peso molecular, tipo de carga e densidade da carga. Além dessas propriedades do próprio polímero, algumas propriedades do solo também influenciam os resultados, são elas: textura, quantidade de matéria orgânica e composição da solução do solo (McLaughlin, 2007).

Somado a essas características outro fator a ser observado é o tamanho dos agregados, Kussinova *et al.* (2013) afirma que os agregados do solo maiores que 60,3 mm são predominantes nas encostas, enquanto os agregados menores que 2mm dominam os cumes. Contudo, em terras cultiváveis, as lavouras podem afetar o tamanho dos agregados e, conseqüentemente, a densidade aparente

ao longo das encostas. Portanto, fica claro que a suscetibilidade de uma área a erosão, está relacionada a estrutura do solo e a cobertura vegetal.

2.2.1. Redução dos processos erosivos com aplicação do PAM

Estudos sobre o uso da poliacrilamida (PAM) como condicionador de solo começaram na década de 1950 (Barvenik, 1994). Desde então, a PAM tem se consolidado como uma alternativa às práticas mecânicas, oferecendo também novas opções quanto à sua origem, podendo ser um biopolímero de polissacarídeo produzido por bactérias ou um polímero derivado do petróleo.

As pesquisas de Gascue (2006) com esse polímero, conduzidas em dois tipos diferentes de solo e com cultivo de tomate em estufa, demonstraram uma maior disponibilidade de água para as plantas, aumento na taxa de germinação e redução da salinidade.

A pesquisa de Lentz (2015), que aplicou polímeros para avaliar a erosão superficial, a floculação, a estabilidade de agregados e a infiltração de água em sistemas de irrigação por sulco, verificou que o PAM foi mais eficaz nesses aspectos. Esse resultado pode estar relacionado ao teor de argila do solo e à maior estrutura molecular do polissacarídeo, o que limitou a extensão e flexibilidade da molécula em solução, em comparação com o PAM.

Os estudos de Jung e Jang (2016) sobre a curva de retenção de água no solo tratado com PAM indicaram que a concentração da solução de poliacrilamida pode ser um dos fatores que influenciam os resultados, além do ângulo e diâmetro dos poros.

Segundo Santana (2007), os polímeros melhoram a retenção e a disponibilidade de água, promovem a aeração e a descompactação, e podem reduzir o uso de água em até 50% quando aplicados em agricultura, estufas, viveiros, silvicultura e paisagismo.

De acordo com Suriani (2010), os polímeros são classificados em três categorias: i) aqueles nos quais a água é fortemente retida por ligações H-H, mantendo toda a água confinada; ii) os que possuem grande capacidade de adsorção, mas baixa força de retenção; e iii) os que retêm água por ligações H fracas, liberando-a gradualmente ao longo do tempo. Esses polímeros retêm água e nutrientes por períodos prolongados, e a taxa de liberação de nutrientes durante a degradação pode acompanhar as necessidades nutricionais das plantas (MISHRA *et al.*, 2018).

Miranda *et al.* (2018), ao avaliar o uso de fitorremediação e condicionadores químicos, incluindo a poliacrilamida, na recuperação das características físicas de um Neossolo Flúvio, concluíram que o polímero foi mais eficaz em melhorar as propriedades físicas relacionadas à porosidade do solo e em reduzir a resistência à penetração.

No mesmo contexto, Chiellini *et al.* (2000) observaram a adsorção de PAM em solos agrícolas, especificamente por montmorilonita e areia de quartzo. O estudo revelou que a adsorção de PAM aumentou com o maior conteúdo de montmorilonita e diminuiu com o aumento da quantidade de areia de quartzo. Além disso, o PAM adsorvido, particularmente em solos com alto teor de montmorilonita, apresentou uma taxa de mineralização significativamente mais lenta do que o PAM não adsorvido, que permaneceu em solução no solo.

Os compostos de poliacrilamida (PAM) são polímeros lineares ou copolímeros de acrilamida e podem ser neutros, aniônicos ou catiônicos. Estudos indicam que a PAM aniônica de alto peso molecular não apresenta toxicidade para animais, seres humanos, peixes ou plantas (SEYBOLD *et al.*, 1994; SOJKA *et al.*, 2007; LABAHN *et al.*, 2010; LU *et al.*, 2012).

A degradação da poliacrilamida no meio ambiente pode ser influenciada por fatores como carga, variação de temperatura, hidrólise, tipo de ambiente, ação de microrganismos, alterações na concentração de sais e pH neutro (TOLSTIKH *et al.*, 1992; LANDE *et al.*, 1979). Também pode ocorrer devido à radiação UV, exposição ao sol e cisalhamento das cadeias poliméricas (RANDBY, 1993; LU *et al.*, 2012; XIONG *et al.*, 2018).

A degradação dos polímeros também pode ser promovida pela ação de bactérias que fazem parte da microfauna do solo e dos corpos d'água (SHANKER *et al.*, 1990; KAY-SHOEMAKE *et al.*, 1998; SHUKOR *et al.*, 2009). Essas bactérias, sob condições aeróbicas ou anaeróbicas, decompõem o PAM utilizando seu carbono e/ou nitrogênio. O processo resulta na formação de compostos como amônia e ácido acrílico (SMITH *et al.*, 1997; LABAHN *et al.*, 2010). Esses compostos estão naturalmente presentes no ambiente, e, embora a amônia seja tóxica, ela se transforma em nitrito e nitrato na presença de oxigênio, os quais são nutrientes.

O tempo de decomposição da PAM pode variar de dias a meses, dependendo do tipo de polímero e das condições ambientais (SMITH *et al.*, 1997; KAY-SHOEMAKE *et al.*, 1998).

Para avaliar a degradação desses polímeros, De Sena *et al.* (2012) submeteu seis tipos de PAM a diferentes processos de oxidação. O autor concluiu que os PAMs, em sua maioria, eram lentos e resistentes a degradação pelo método Fenton, porém processos fotoquímicos apresentaram alta eficiência na degradação da PAM.

Contudo, ainda existem muitos fatores a serem estudados na degradação da poliacrilamida, são necessárias análises detalhadas dos custos de degradação desses polímeros, considerando suas propriedades e concentrações (Xiong *et al.*, 2018).

As camadas coesas reduzem a profundidade efetiva do solo, causando grandes alterações no potencial hídrico, na aeração e na resistência mecânica do solo à penetração das raízes das plantas (Cintra *et al.*, 2007). No Brasil, ainda há poucos estudos sobre o uso de poliacrilamida no manejo de solos. O mais recente foi realizado por Marcelo *et al.* (2016), que investigaram os efeitos do manejo com o polímero e sua associação com o gesso. Anteriormente, há os estudos de Melo (2013), Andrade (2014) e Almeida (2008), que se concentraram principalmente na avaliação física das estruturas do solo, sem abordar os parâmetros de bioindicadores vegetais.

O crescente mercado de insumos biológicos se coloca como uma importante razão para estudos das alterações biológicas resultantes da aplicação de PAM, já que o polímero não pode ser utilizado na prática da agricultura orgânica. Nesse sentido, biopolímeros podem levar vantagem, já que degradam mais rápido, o que facilita as estratégias de marketing (Orts *et al.*, 2007).

Outro fator que deve ser mais estudado é a dosagem do polímero. Pires *et al.*, (2013) testou várias estratégias de aplicação, únicas e fracionadas e observou variações nas respostas de acordo com o tipo de solo, assim, nem todas as respostas foram positivas. Contudo, o autor concluiu que aplicações mais concentradas, com doses de 2kg de PAM por hectare, geralmente, são mais benéficas, já que reduzem significativamente a erosão e o escoamento superficial.

Kebede *et al.*, (2020), também realizou estudos com doses variáveis de PAM com o objetivo de determinar a dose mais adequada. O autor verificou, em Latossolos, que doses de 20kg por hectare são mais eficazes na redução de escoamento durante as duas primeiras tempestades, enquanto as doses mais elevadas, de 40 e 60kg por hectare, foram as mais eficientes após concluídas as seis tempestades do experimento. Com relação a perda de solo, essa diminuiu com o aumento da taxa de PAM, porém aumentou com o passar das tempestades. Por fim, o autor conclui que, considerando o custo da aplicação, a dose de 40kg por hectare é a mais adequada nas condições estudadas.

Com relação ao fator custo, a poliacrilamida pode ser considerada economicamente viável, sobretudo, se utilizada em culturas de alto valor agregado e para o manejo em áreas problemáticas (Green & Stott, 2001).

Ainda, quando comparado ao PVA (acetato de polivinilo) a PAM apresentou vantagens, quanto a redução das perdas de solo e de água. Mas a eficiência dos dois polímeros na redução da erosão é comprovada, sobretudo, em agregados grandes (Yakupoglu *et al.*, 2019).

Salienta-se que mesmo o PAM apresentado eficiência e durabilidade do controle da erosão, ainda é necessário estudarmos os riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas devido ao monômero residual de acrilamida (composto cancerígeno), sobretudo, para a sua aplicação em áreas agricultáveis (Lu *et al.*, 2018).

Por fim, na busca pela maior eficiência da aplicação de polímeros, é necessário conhecimento do tipo de polímero, forma de aplicação e dosagem adequada para cada tipo de solo.

3. PESQUISAS FUTURAS

O uso de polímeros aniônicos de poliacrilamida (PAM) para a redução da erosão hídrica tem mostrado resultados promissores, mas ainda existem muitas oportunidades de pesquisa para explorar suas limitações, otimizações e possíveis impactos ambientais. Aqui estão algumas sugestões de pesquisas futuras envolvendo o uso de PAM na redução da erosão hídrica:

1. Estudo de Formulações e Tipos de PAM

Otimização das propriedades do polímero: Testar diferentes formulações de PAM (peso molecular, carga aniônica, viscosidade) para determinar quais são mais eficazes em diferentes tipos de solo e condições climáticas.

Desenvolvimento de novas variantes de PAM: Investigar se há formas modificadas de PAM que possam ser mais eficientes, menos tóxicas e biodegradáveis, reduzindo impactos ambientais.

Compatibilidade com aditivos: Estudar a interação de PAM com outros agentes estabilizantes de solo, como compostos orgânicos, minerais ou fertilizantes, para verificar se o uso combinado pode melhorar a eficiência na redução da erosão.

2. Eficácia em Diferentes Condições de Solo e Topografia

Aplicação em solos variados: Avaliar a eficácia de PAM em diferentes tipos de solos (argilosos, arenosos, siltosos) e suas variações na capacidade de reter água e prevenir a erosão hídrica.

Influência da topografia: Estudar o impacto da declividade e comprimento das encostas na eficácia do PAM, especialmente em terrenos com inclinações superiores a 9%.

Interação com cobertura vegetal: Investigar como o uso de PAM em áreas com diferentes tipos de vegetação (ou revegetação) afeta a redução da erosão, considerando a infiltração e o impacto na estrutura do solo.

3. Avaliação de Impactos Ambientais e de Longo Prazo

Biodegradabilidade e efeitos ambientais: Avaliar o potencial de biodegradabilidade do PAM no solo e seus efeitos a longo prazo sobre a microbiota do solo e ecossistemas aquáticos próximos. Isso é fundamental para entender o risco de poluição hídrica e possíveis bioacumulações.

Acúmulo de PAM no solo: Investigar se a aplicação repetida de PAM ao longo de anos pode causar acúmulo no solo, alterando suas propriedades físicas e químicas, e se isso pode ter impactos adversos à fertilidade e saúde do solo.

Monitoramento de águas subterrâneas: Examinar se a infiltração do PAM em áreas agrícolas afeta a qualidade das águas subterrâneas, considerando o potencial de lixiviação de resíduos.

4. Tecnologias de Aplicação e Dosagem

Melhoria nas técnicas de aplicação: Desenvolver e testar novas formas de aplicação de PAM, como misturas com compostos orgânicos, aplicação aérea, ou aplicação em conjunto com sistemas de irrigação (irrigação por sulcos, aspersão etc.).

Estudo de dosagem ideal: Pesquisar as dosagens ideais de PAM para diferentes situações (tipo de solo, clima, práticas agrícolas), minimizando o uso excessivo de produto e seus impactos negativos.

Eficiência em áreas com infraestrutura agrícola: Analisar a viabilidade da aplicação de PAM em canais de irrigação, sistemas de drenagem e estradas rurais para evitar erosão em locais de infraestrutura agrícola.

5. Interação com Mudanças Climáticas

Impactos sob condições climáticas extremas: Explorar como o PAM se comporta em cenários de mudanças climáticas, como secas prolongadas, chuvas intensas e tempestades. Avaliar a capacidade de retenção de água e estabilização do solo em condições extremas.

Efeito na conservação de água: Investigar como o PAM pode ser integrado em estratégias de conservação de água, ajudando a reduzir a erosão hídrica, ao mesmo tempo em que melhora a retenção de umidade do solo em períodos de seca.

6. Uso em Sistemas Agrícolas e Práticas Sustentáveis

Integração com práticas agrícolas sustentáveis: Estudar o impacto do uso de PAM em sistemas de plantio direto, cultivo de cobertura e rotação de culturas, verificando como essas práticas podem potencializar o controle da erosão e melhorar a saúde do solo.

Eficiência em culturas específicas: Avaliar a eficiência de PAM na redução de erosão hídrica em culturas agrícolas de importância econômica, como soja, milho, trigo, café ou cana-de-açúcar.

Redução de escoamento e perda de nutrientes: Explorar se o uso de PAM pode ajudar a reduzir o escoamento de fertilizantes e pesticidas aplicados ao solo, contribuindo para a redução de poluição e eutrofização de corpos hídricos.

7. Estudos de Custo-Benefício e Viabilidade Econômica

Análise de custo-benefício: Realizar estudos de viabilidade econômica comparando o custo da aplicação de PAM com os benefícios econômicos gerados pela preservação do solo e aumento da produtividade agrícola, especialmente em áreas suscetíveis à erosão.

Escalabilidade e aceitação pelo mercado: Estudar a aplicabilidade em larga escala e a aceitação pelos produtores rurais, especialmente em áreas em desenvolvimento, onde o custo de tecnologias e a disponibilidade de recursos pode ser um fator limitante.

8. Modelagem Computacional e Simulação

Desenvolvimento de modelos preditivos: Criar modelos computacionais que simulem o impacto do uso de PAM sob diferentes condições ambientais e práticas agrícolas, permitindo prever a eficácia em diversos cenários de erosão hídrica.

Simulação de impactos em bacias hidrográficas: Usar simulações para entender como o uso generalizado de PAM pode impactar a dinâmica de grandes áreas de bacias hidrográficas, incluindo o controle do escoamento superficial e a preservação de cursos d'água.

Essas áreas de pesquisa podem ajudar a expandir o conhecimento sobre o uso de polímeros de poliacrilamida para controle de erosão, otimizando sua aplicação e mitigando quaisquer impactos negativos, ao mesmo tempo em que maximiza seus benefícios ambientais e econômicos.

4. CONCLUSÕES

Por fim, fica claro que os inúmeros impactos do processo erosivo podem ser mitigados pela ação da poliacrilamida, que é eficiente na redução da erosão hídrica, isto é, na mitigação das perdas de solo, água e nutrientes. Se bem explorado, a PAM é uma alternativa economicamente viável no combate a erosão e que deve ser mais bem explorada nos solos agricultáveis, assim como é utilizada nas suas demais funções.

Ainda assim, devem ser realizados mais estudos que afim de uma definição sobre suas limitações e otimizações, para que ela possa ser recomendada da maneira adequada e com a segurança ambiental que os tempos atuais exigem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, B. G. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo, 105p, Tese Doutorado. ESALQ/USP. 2008.

AMADO, TJC. Relações da erosão hídrica do solo com doses e formas de manejo do resíduo cultural de soja. Porto Alegre: UFRGS: 1985. 104 p.

ANDRADE, K. R.; **Atributos Físico-hídricos de Solos Coesos da Zona da Mata de Pernambuco sob Ação de Condicionadores Químicos**. 2014. 115 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

BENAVIDES-SOLORIO, J.D.D., MACDONALD, L.H., 2005. Measurement and prediction of post-fire erosion at the hillslope scale, **Colorado Front Range**. Int. J. Wildland Fire 14 (4), 457–474.

BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, p.509-517, 2003.

CALDERANO FILHO, Braz. **Suscetibilidade dos solos à erosão na área de entorno do reservatório da usina hidrelétrica de tombos (MG)**. 2014. p. 476-481. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2014.

CARVALHO D. F., MONTEBELLER C. A., CRUZ E. S., CEDDIA M. B., LANA A. M. Q. Perda de solo e água em um Argissolo Vermelho Amarelo, submetido a diferentes intensidades de chuva simulada. 2002. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 6. p. 385-389.

CASTRO, G.M.O. Application of some phytosociological techniques to brazilian rain forest. **American Journal of Botany**, Columbus, Volume 43, Páginas 911-941, Dezembro 1956.

CHIELLINI, E.; CORTI, A.; POLITI, B.; SOLARO, R. Adsorption/desorption of polyvinyl alcohol on solid substrates and relevant biodegradation. J. Polym. Environ. 2000, 8, 67–79.

CINTRA, F. L. D.; RESENDE, R. S; LEAL, M. L. S.; PORTELA, J. C. Efeito de volumes de água de irrigação no regime hídrico de solo coeso dos tabuleiros e na produção de coqueiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 4, p. 1041-1051, 2007.

DE SENA, R; JOSÉ, H. J. MOREIRA, R. Assessment of Polyacrylamide Degradation Using Advanced Oxidation Processes and Ferrate(VI) Oxidation. Chemical Engineering Communications, págs. 235-252, 2012.

DIAZ-RAVINA, M., MARTIN, A., BARREIRO, A., LOMBAO, A., IGLESIAS, L., DIAZ-FIERROS, F., CARBALLAS, T., 2012. **Mulching and seeding treatments for post-fire soil stabilisation in NW Spain: short-term effects and effectiveness.** *Geoderma* 191, 31–39.

DYONISIO, H. A. F. Erosão hídrica: suscetibilidade do solo. **Revista Eletrônica Thesis**, v. 07, n. 13, p. 15 – 25, 2010.

ELLISON, W. D. Soil erosion studies. I. Agric. Engng, 1947, Volume 28, Páginas 145-146, Julho, 1947.

ENDRES, P. F.; PISSARRA, T. C. T.; BORGES, M. J.; POLITANO, W. Quantificação das classes de erosão por tipo de uso do solo no município de Franca – SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 01, p. 200 – 207, 2006.

FERNANDEZ, C., VEGA, J.A., JIMENEZ, E., FONTURBEL, T., 2011. **Effectiveness of three post-fire treatments at reducing soil erosion in Galicia (NW Spain).** *Int. J. Wildland Fire* 20 (1), 104–114.

FOSTER, G. R. **Soil Erosion and Conservation in the Tropics.** New York, NY: Amer Society of Agronomy, 1982.

GASCUE, B. R de et al. Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación em la germinación de semillas de tomate em diferentes tipos de suelos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, Madrid, v. 7, N. 3, p.199-210, 2006

GILLES, L.; COGO, N. P.; BISSANI, C. A.; BAGATINI, T.; PORTELA, J. C. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.33, p.1427-1440, 2009.

GREEN, V.S. STOTT, D.E. Polyacrylamide: A review of the use, effectiveness, and cost of a soil erosion control amendment. 10th International Soil Conservation Organization Meeting, págs 384-389, 2001.

JUNG, J; JANG, J. Soil–water characteristic curve of sediments containing a polyacrylamide solution. *Géotech Lett*, v. 6(1), p. 89–94, 2016.

KAY-SHOEMAKE, J. L., WATWOOD, M. E., LENTZ, R. D., SOJKA, R. E. Polyacrylamide as an organic nitrogen source for soil microorganisms with potential effects on inorganic soil nitrogen in agricultural soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v.30, n.8-9, p.1045–1052, 1998.

KEBEDE, B; TSUNEKAWA, A; HAREGEWEYN, N; MULUALEM, T. Effect of Polyacrylamide integrated with other soil amendments on runoff and soil loss: Case study from northwest Ethiopia. *International soil and water conservation research*, vol. 10, págs 487-496, 2020.

KUSSAINOVA, M.; DURMUŞ, M.; ERKOÇAK, A.; KIZILKAYA, R. Soil dehydrogenase activity of natural macro aggregates in a toposequence of forest soil. *Eurasian J. Soil Sci.* 2013, 2, 69–75.

LABAHN, S. K., FISHER, J. C., ROBLETO, E. A., YOUNG, M. H., MOSER, D. P. Microbially mediated aerobic and anaerobic degradation of acrylamide in a western United States irrigation canal. *J. Environ. Qual* 39, 5, 1563–1569 (2010).

LENTZ, R. D. Polyacrylamide and biopolymer effects on flocculation, aggregate stability, and water seepage in a silt loam. *Geoderma*, 241–242, 289–294, 2015.

LIMA G. M, de; RANGEL L. de A.; GUERRA A. J. T. Monitoramento da microtopografia do solo em trilhas de uso público no litoral do Parque Nacional da Serra da Bocaina (RJ). 2023. **Revista Brasileira de Geomorfologia** v. 24, nº 1

LU, M.; WU, X; WEI, X. Chemical degradation of polyacrylamide by advanced oxidation processes. *Environ. Technol.* v 33, p.1021–1028. 2012.

MACEDO, F. R.; SOUZA, M. L. Ocupações das zonas de vulnerabilidade à erosão em cidade gaúcha – Paraná. **Revista Formação**, v. 02, n. 23, p. 231 – 250, 2016.

MARCELO, V.F; ALMEIDA, B.G; ARAÚJO FILHO, J.C; SOUZA, S.L.W. Disponibilidade hídrica de solo coeso sob a ação de poliacrilamida: qualidade física ambiental. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. Rio de Janeiro, n 42, p. 12-25, 2016.

MCLAUGHLIN, R.A.; BARTHOLOMEW, N. Soil factors influencing suspended sediment flocculation by polyacrylamide. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2007, 71, 537–544.

MELO, D. V. M. **Qualidade de Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros de Pernambuco em Função do Uso de Poliacrilamida**. 2013. 75 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013

MIRANDA, M,F,A; FREIRE,M, B,S; ALMEIDA,B,G; Alcione Guimarães FREIRE, F,J,F; PESSOA,L,G,M. Improvement of degraded physical attributes of a saline-sodic soil as influenced by phytoremediation and soil conditioners, *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 64:9,p. 1207-1221,2018.

NEARY, D.G., KOESTNER, K.A., YOUNG, A., KOESTNER, P.E., 2012. **Post-fire rill and gully formation, Schultz fire 2010, Arizona, USA**. *Geoderma* 191, 97–104.

ORTS, W; SOJKA, R; GLENN, G; ROA-ESPINOSA, A. Use of Synthetic Polymers and Biopolymers for Soil Stabilization in Agricultural, Construction, and Military Applications. *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 11, 19-29, 2000.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, p.1777-1785, 2011.

PROSSER, I.P., WILLIAMS, L., 1998. The effect of wildfire on runoff and erosion in native Eucalyptus forest. *Hydrol. Process.* 12 (2), 251–265.

QUEIROZ, M. S.; SOARES, A. P. A.; TOMAZ NETO, A. G. Comunidades rurais ribeirinhas a as águas do rio Solimões no município de Iranduba – Amazonas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 108-119, 2018.

ROBICHAUD, P.R., WAGENBRENNER, J.W., BROWN, R.E., 2010. **Rill erosion in natural and disturbed forests**: 1. Measurements. *Water Resour. Res.* 46.

RODRIGUES, V. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; TARJUELO, J. M.; SARTORI, M. M. P.; CANALES, A.R. Avaliação do escoamento e interceptação da água das chuvas. **Revista Irriga**, Botucatu, v.especial, p.1-13, 2015.

SEYBOLD, C.A. Polyacrylamide review: soil conditioning and environmental fate. In: COMMUN SOIL SCI PLANT. Anais, Tylor e Francis. v. 25, p. 2171-218, 1994.

SHANKER, R.; RAMAKRISHNA, C.; SETH, P. K. Microbial degradation of acrylamide monomer. *Archives of Microbiology*, v.154, p.192–198, 1990

SHARPLEY, A. N. **Managing Agricultural Phosphorus for Protection of Surface Waters: Issues and Options**. *Jornal of Enviromental Quality*, Volume 23, Páginas 437-451, Maio, 1994.

SHUKOR, M.Y.; GUSMANIZAR, N.; AZMIL, N. A.; HAMID, M.; RAMLI, J.; SHAMAAN, N. A.; SYED, M. A. Isolation and characterization of an acrylamide-degrading *Bacillus cereus*. *J. Environ. Biol.* 30, 57 –64 (2009).

SMITH, E. A., PRUES, S. L. OEHME, F. W. Environmental degradation of polyacrylamides. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* v.37, p.76 –91, 1997.

SOBRINHO J. F., BARBOSA F. E. L. Perdas de solo em área agrícola do Semiárido. 2022. **Mercator** 21:1984-2201.

SOJKA, R. E.; BJORNEBERG, D. L., ENTRY, J. A.; LENTZ, R. D.; ORTZ, W. J. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. *Advances in agronomy.* v. 92, p. 75 –162, 2007.

SOJKA, R. E; SURAPANENI, A. Polyacrylamides in irrigated agriculture, NPIRD project UNE39 final report, LWRRDC, Canberra. 2000.

TADESSE, L., SURYABHAGAVAN, K. V., SRIDHAR, G., LEGESSE, G. Land use and land cover changes and soil erosion in Yezat Watershed, North Western

Ethiopia. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 5, p. 85-94, 2017.

THAKUR, V. K; THAKUR, M. K.; VOICU, S.I. Gels Horizons: From Science to Smart Materials. Editora Springer, 2018. p 405.

TOLSTIKH, L. I., AKIMOV, N. I., GOLUBEVA, I. A., SHYETSOV, I. A. Degradation and Stabilization of Polyacrylamide in Polymer Flooding Conditions. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, v.17, p.177–193. 1992.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres naturais: conhecer para prevenir. **Instituto Geológico**. São Paulo, 2009.

VACHER, C. A.; LOCH, R. J.; RAINE, S. R. Effect of polyacrylamide additions on infiltration and erosion of disturbed lands. *Australian Journal of Soil Research*, v. 41, p. 1509–1520, 2003.

VLEESCHAUWER, D.; LAL, R.; BOODT, M. Comparison of detachability indices in relation to soil erodibility for some important Nigerian soils. *Pedologie*, v 1. p 5-20, 1978.

WITTENBERG, L., INBAR, M., 2009. The role of fire disturbance on runoff and erosion processes a long-term approach, Mt. Carmel case study, Israel. *Geogr. Res.* 47 (1), 46–56.

WÜNSCHE, A. & DENARDIN, J.E. **Perdas de solo e escoamento de água sob chuva natural em latossolo vermelho escuro nas culturas de trigo e soja**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1978. p. 289-296.

XIONG, B., LOSS, R. D., SHIELDS, D., PAWLIK, T., HOCHREITER, R., ZYDNEY, A. L., KUMAR, M. Polyacrylamide degradation and its implications in environmental systems. *Npj Clean Water*, v.1, 1. 2018.

XIONG, B; LOSS, R; SHIELDS, D; PAWLIK, T; HOCHREITER, R; KUMAR, M. Polyacrylamide degradation and its implications in environmental systems. *Nature*, vol. 52, págs. 327-336, 2018.

YAKUPOGLU, T; RODRIGO-COMINO, J; CERDÀ, A. Potential Benefits of Polymers in Soil Erosion Control for Agronomical Plans: A Laboratory Experiment. *Agronomy*, vol. 9, 2019.