

## **INFLUÊNCIA DA CULTURA DO MILHO CULTIVADO EM CERRADO BRASILEIRO NAS PERDAS DE ÁGUA E SOLO**

INFLUENCE OF CORN CULTURE CULTIVATED IN BRAZILIAN CERRADO ON WATER AND SOIL LOSSES

**Jefferson Gomes Confessor<sup>1</sup>**

**Lara Luíza Silva<sup>2</sup>**

**Silvio Carlos Rodrigues<sup>3</sup>**

### **RESUMO**

A principal forma de degradação de terras cultiváveis em ambientes tropicais se efetiva por meio da ação das chuvas, sendo as perdas de água e solo resultantes das características das precipitações e das formas de uso da terra. A cultura do milho encontra-se amplamente disseminada no Brasil, ocupando vastas áreas agrícolas no território nacional. Planta estratégica na economia seja pela movimentação econômica ou funcionalidade na alimentação e indústria, possui elevada influência no meio rural. Por apresentar-se amplamente disseminada no Cerrado brasileiro, torna-se necessária a compreensão da dinâmica dos processos existentes entre a cultura do milho e as precipitações características das regiões de seu cultivo, sendo os dados necessários para fomentar a elaboração de técnicas de manejo que visam mitigar assim como prevenir a ocorrência de passivos nos ambientes. Deste modo, este trabalho teve por objetivo avaliar como a cultura de milho cultivada sob sistema convencional interage com a precipitação, expondo dados de escoamento e produção de sedimentos em dois estádios vegetativos da cultura, aos 32 e 46 dias pós plantio, possibilitando compreender como a variação da cobertura vegetal e

<sup>1</sup> Pós Doutorando em Geografia na Universidade Federal de Catalão (UFCAT). E-mail: jgconfessor01@gmail.com

<sup>2</sup> Doutoranda em Geografia na Universidade Federal de Uberlândia (UFU). E-mail: lalaluiza97@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor de Geografia na Universidade Federal de Uberlândia (UFU). E-mail: silgel@ufu.br

alterações na morfologia das plantas influem neste processo. Para tal, utilizou-se de um simulador de chuvas com a capacidade de replicar precipitações naturais semelhantes às ocorrentes na área da região (Cerrado). Os resultados demonstraram maior erosão do solo aos 32 dias de plantio e maior produção de escoamento superficial aos 46 dias. A variação da cobertura vegetal, selamento do solo, hábitos de crescimento e a morfologia da planta do milho são fatores que influenciaram nos resultados obtidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Erosão, Chuva Simulada; Conservação de solo.

### **ABSTRACT**

The main form of degradation of arable land in tropical environments is effected through the action of rain, with water and soil losses resulting from the characteristics of precipitation and land use. The corn crop is widely disseminated in Brazil, occupying vast agricultural areas in the national territory. Strategic plant in the economy, whether for economic movement or functionality in food and industry, it has a high influence in the rural environment. Because it is widely disseminated in the Brazilian Cerrado, it is necessary to understand the dynamics of the existing processes between the corn crop and the rainfall characteristic of the regions where it is cultivated, with the necessary data to encourage the development of management techniques aimed at mitigate as well as prevent the occurrence of liabilities in environments. Thus, this work aimed to evaluate how the corn crop cultivated under a conventional system interacts with precipitation, exposing runoff data and sediment production in two vegetative stages of the crop, at 32 and 46 days after planting, making it possible to understand how the vegetation cover variation and changes in plant morphology influence this process. To this end, a rainfall simulator was used with the ability to replicate natural precipitation similar to that occurring in the area of the region (Cerrado). The results showed greater soil erosion at 32 days of planting and greater surface runoff production at 46 days. The variation in vegetation cover, soil sealing, growth habits and corn plant morphology are factors that influenced the results obtained.

**KEYWORDS:** Erosion; Simulated Rain; Soil conservation.

## INTRODUÇÃO

Se tratando de ambiente tropical, a forma mais comum de degradação dos solos é vista na forma de erosão (PANACHUKI et al., 2006; LEITE et al., 2002), sendo motivo de preocupação relatada em diversos estudos (BERTONI 2008, PINESE, CRUZ e RODRIGUES 2008; CUNHA, THOMAZ e VESTEMA 2013; CONFESSOR et al., 2021).

Apesar de natural, a erosão hídrica promovida pela ação das chuvas vem sendo agravada pelo manejo inadequado em áreas de plantio agrícola, gerando um aumento das perdas de água e solo, removendo do sistema partículas minerais, matéria orgânica e microrganismos simbióticos às plantas, ou seja, a fertilidade do solo (MORI et al. 2009; BEZERRA e RODRIGUES, 2006).

Neste sentido, o milho se destaca como cultura de grande relevância nacional, apresentando facilidade no plantio, crescimento rápido, grande produção de biomassa e alta palatabilidade, possuindo versatilidade de usos, sejam eles industriais e/ou alimentícios (FANCELLI e DOURADO, 2000 PAES, 2006; CRUZ, 2011).

Sua produção está historicamente ligada a ocupação de novas áreas, principalmente após a revolução verde, sendo integrado diretamente na cadeia industrial e econômica do país (EMBRAPA, 2006; CRUZ et al., 2006; ANDRADES e GANIMI, 2007; MACHADO et al. 2008).

Atualmente a cultura ocupa vastas áreas agrícolas no território nacional (CALDARELLI e BACCHI, 2012), tornando o Brasil grande produtor e exportador do grão (MIRANDA et al., 2003), com destaque ao cerrado, região de sua maior produção (TORRES et al., 2019).

Devido a sua importância e ampla distribuição, pesquisas que visam elucidar a dinâmica entre a cultura do milho e as precipitações se mostram relevantes, gerando dados necessários para compreender os processos assim como fomentar a criação de técnicas de manejo mais assertivas para o cultivo.

Entretanto, a natureza infrequente, esporadicidade dos eventos, intensidades distintas e durações variáveis das precipitações dificultam o levantamento de dados

sobre esta dinâmica, encarecendo os custos e dificultando a comparação dos resultados obtidos (BERTOL I., BERTOL C. e BARBOSA, 2012).

Deste modo, simuladores de chuvas surgem neste contexto como ferramentas capazes de replicar de forma artificial diferentes intensidades e durações de pluviosidades, não necessitando aguardar a ocorrência de eventos naturais, viabilizando a promoção de estudos de campo com diferentes aplicações (MEYER, 1965; LUCK et al., 1986; LEITE et al., 2002; CONFESSOR e RODRIGUES, 2018).

Neste sentido, objetiva-se com este trabalho avaliar as perdas de água e solo da cultura do milho em diferentes fases de seu ciclo (32 e 46 dias pós plantio), visando compreender como a variação da cobertura vegetal e suas mudanças morfológicas influenciam nos processos existentes. Para isto, utilizou-se de um simulador de chuvas com capacidade de replicar eventos pluviométricos de alta intensidade, com características semelhantes às ocorrentes naturalmente na região de estudo, gerando ambiente necessário para produção de dados de forma mais assertiva, assim como permitir futuras comparações entre testes.

## **DESENVOLVIMENTO**

Os estudos foram conduzidos no Município de Uberlândia – MG, mais especificadamente na Fazenda Experimental do Campus Glória - Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Os ensaios foram realizados em uma área de cultivo de milho inserida em solo de cerrado, onde a cultura irrigada foi plantada sob sistema tradicional, no qual, por meio de implementos agrícolas o terreno foi arado e nivelado para posterior plantio em nível, sendo estabelecido para este trabalho a densidade de 65.000 plantas/ha.

Visando melhor controle dos dados de precipitação e coleta das amostras, optou-se pela utilização de chuva simulada, utilizando-se de um simulador de chuvas estacionário desenvolvido por Luk, Abrahams e Parsons (1986) e utilizado por Alves Sobrinho et al. (2002), Thomaz (2009) e Confessor (2019) (Figura 1).

Foram replicados 12 eventos de precipitação, ocorrentes em dois períodos distintos, sendo seis precipitações aos 32 dias de plantio (E1) e outras seis (6) aos 46 dias de plantio (E2). A amplitude de tempo escolhida (32 e 46 dias) foi necessária para promover mudanças nos estádios vegetativos nas plantas da cultura, às quais passaram por transformações em sua morfologia, com aumento de estatura e exposição de novas

folhas, refletindo no aumento da biomassa, e por consequência, alterando a cobertura do solo.

As precipitações tiveram duração de 1 hora cada, sendo efetuadas duas simulações consecutivas no mesmo local, com intervalo de 30 minutos entre tais. Deste modo, replicou-se 3 ensaios para cada estágio vegetativo com duas precipitações em cada ensaio (32 dias E1 - A e B; 46 dias E2 - A e B). Os valores apresentados nos gráficos e tabelas se fazem pela média das simulações de cada ensaio.

Figura 1: Simulação de chuvas sobre a cultura do milho. Proteção lateral de tela sombrite 90% posicionada ao redor do simulador para evitar possíveis distúrbios produzidos por rajadas de vento na intensidade aplicada.



Fonte: Autores.

Buscou-se replicar neste estudo eventos de alta intensidade, pois os mesmos possuem maior capacidade de promover alterações no ambiente, sendo replicadas chuvas de 62,22 mm/h, intensidade semelhante à utilizada em outros trabalhos (PRUSK et al., 1997; PANACHUKI et al., 2011; THOMAZ e SCHARRÓN, 2015).

Os ensaios foram conduzidos no período de entre chuvas da região, não havendo precipitações naturais no local desde a fase de plantio até findar os experimentos. Por

se tratar de ambiente irrigado, a umidade do solo se manteve homogênea entre todas as simulações.

Para coleta de amostras de escoamento superficial e sedimentos, utilizou-se de uma parcela de erosão nas bases expostas por Costa, Barcelos e Rodrigues (2014), com dimensões de 1m<sup>2</sup> de área cercada, composta de folhas de zinco inseridas à 10 centímetros de profundidade no solo, com a lateral mais baixa do terreno aberta, aprisionando o fluxo superficial e o conduzindo até uma calha coletora. Cabe destacar que a parcela foi inserida no ambiente de forma a abranger 2 linhas de plantio, não sendo retiradas as plantas do entorno.

Toda água provinda da calha foi imediatamente destinada ao recipiente coletor. O volume do escoamento foi coletado e aferido em intervalos equidistantes de 5 minutos até findar 1 hora de testes, totalizando 12 amostras para cada experimento. Em cada parcial, as amostras foram homogeneizadas e uma alíquota de 300 ml para cada coleta foi destinada para análise de sedimentos conforme Carvalho (2008).

A abstração Inicial se caracteriza pelo tempo entre o início da precipitação e o começo do escoamento superficial, representando o período no qual a água precipitada é retida no sistema, seja por meio da infiltração no solo ou armazenada pela própria vegetação, até o início da formação do fluxo (CARVALHO, 2011). Para conhecimento desta variável, cronometrou-se o tempo entre o início das simulações e o início do escoamento, sendo observado sua formação no recipiente de coleta.

Para acompanhamento da variação da cobertura vegetal utilizou-se o software ENVI<sup>(TM)</sup>, onde imagens da parte superior da parcela foram registradas por meio de câmera fotográfica momentos antes do início de cada experimento. Por meio da ferramenta de classificação assistida, o software quantifica e separa áreas de interesse, sendo calibrado para expor regiões com cobertura vegetal e de solo exposto, como visto em Pinese Júnior, Cruz e Rodrigues (2008) e Machado, Confessor e Rodrigues (2014).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

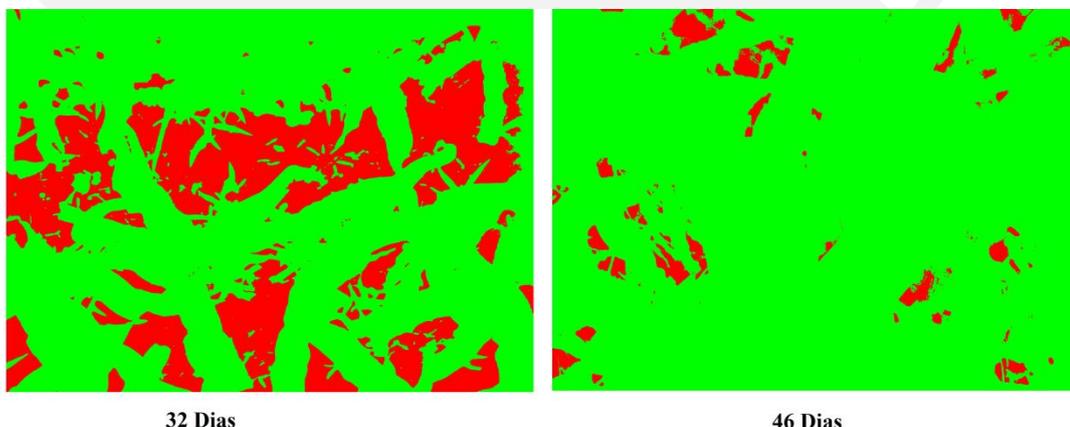
O milho se caracteriza como uma planta domesticada, de ciclo anual, robusta e ereta, selecionada ao longo do tempo principalmente para produção de grãos (EMBRAPA, 2002), está inserido na classificação botânica como pertence à ordem *Gramineae*, família *Poaceae*, gênero *Zea* e espécie *Zea mays L. A.* (BARROS e CALADO, 2014). Sua morfologia estrutural pode ser subdividida em diferentes partes (MAGALHÃES e DURÃES, 2005), apresentando o sistema radicular, caule e folhas características básicas comuns entre às gramíneas.

A planta é composta por uma haste cilíndrica ereta (colmo), de estatura que varia de acordo com os diferentes tipos de cultivares e estádios fenológicos das plantas, podendo atingir 2,5 metros de altura do topo ao solo (PFANN et al., 2009). Possui crescimento acelerado e compatível ao adensamento, produzindo elevada biomassa por hectare (CRUZ, 2010).

O crescimento da planta do milho se faz em grande parte quando as folhas ainda estão fechadas (FORNASIERI FILHO 2007; SOUZA, 2012), no qual, à medida em que o colmo vai se alongando as folhas vão sendo expostas em sentidos alternados, havendo assim, diferentes possibilidades de interações com as chuvas, variando de acordo com os estágios fenológicos das plantas.

Na área de estudo, o período de 14 dias entre os experimentos proporcionou tempo para o crescimento da cultura, onde o surgimento e abertura de novas folhas promoveu o incremento da biomassa, gerando um aumento de 22,7% do recobrimento do solo, partindo de 72,8 % (32 dias) para 95,5% (46 dias) (Figura 2).

Figura 2: Análise comparativa entre a cobertura vegetal e o solo exposto na cultura do milho, em diferentes fases vegetativas. Aos 32 dias apresentando 72,8 % de cobertura vegetal e 27,2 % de solo exposto, e para 46 dias 95,5 % e 4,5% respectivamente.



32 Dias

46 Dias

Fonte: Autores.

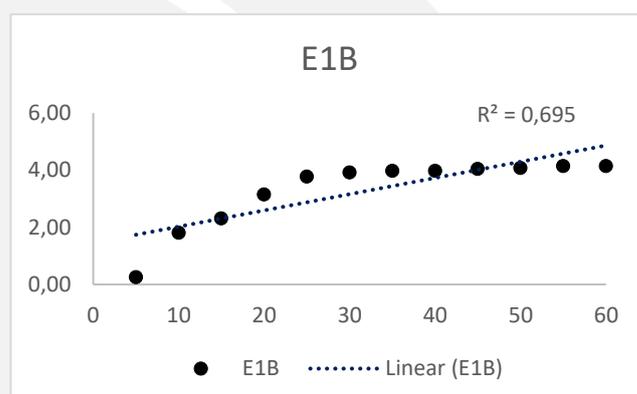
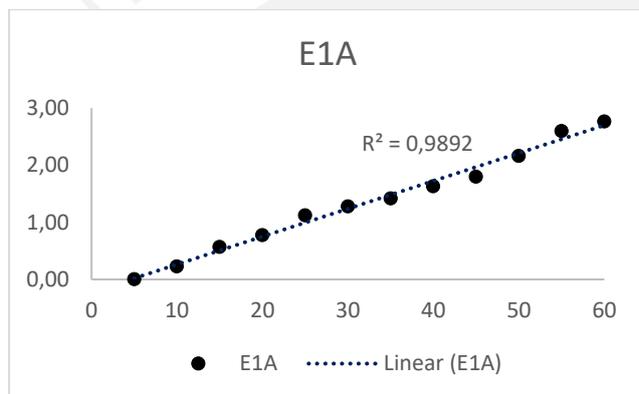
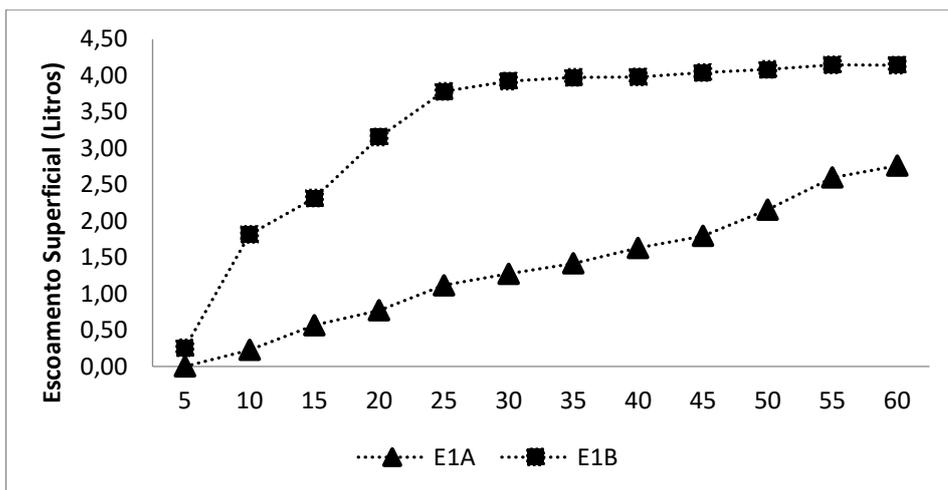
## Perdas de água

Aos 32 dias (E1), a cultura encontrava-se no estágio vegetativo (v8), com estande apresentando 50% mais de plantas com 8 folhas totalmente expostas. Observou-se para a primeira hora de simulação (E1A) um tempo médio de 8:06 minutos para início do escoamento superficial, havendo abstração inicial de 9,33 mm de água, representando 14,99% do valor do total precipitado em 1 hora. Após 30 minutos, realizou-se nova simulação (E1B), a qual expressou redução de 55 % no tempo de início da formação do fluxo superficial (3:40 min) quando comparado à primeira (E1A), com abstração de 3,8 mm, (6,1% do total precipitado).

Após início da formação do fluxo superficial, a primeira precipitação (E1A) exibiu um avanço linear da curva de crescimento do escoamento ( $r^2=0,98$ ) (Gráfico 1), passando a exibir velocidade básica de infiltração (VIB) apenas aos 25 minutos da segunda precipitação (E1B), com valor de VIB de 14,11 mm/h, caracterizando-se como uma VIB média a alta (ANDRADE e ANDRADE, 2021)

A cultura apresentou para primeira simulação (E1A) uma retenção de 73,18% do total de água precipitada (45,91mm), reduzindo 50,77% deste valor para a segunda precipitação (E1B), havendo uma retenção de água no sistema de 36,33% do total precipitado (22,66 mm).

**Gráfico 1:** Escoamento superficial da cultura do milho após 32 dias de plantio.



Fonte: Autores.

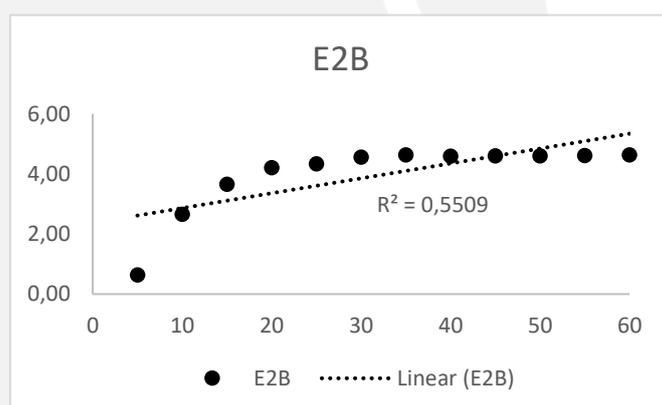
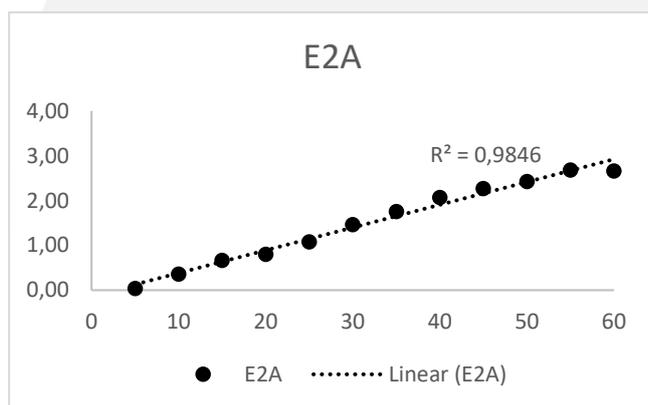
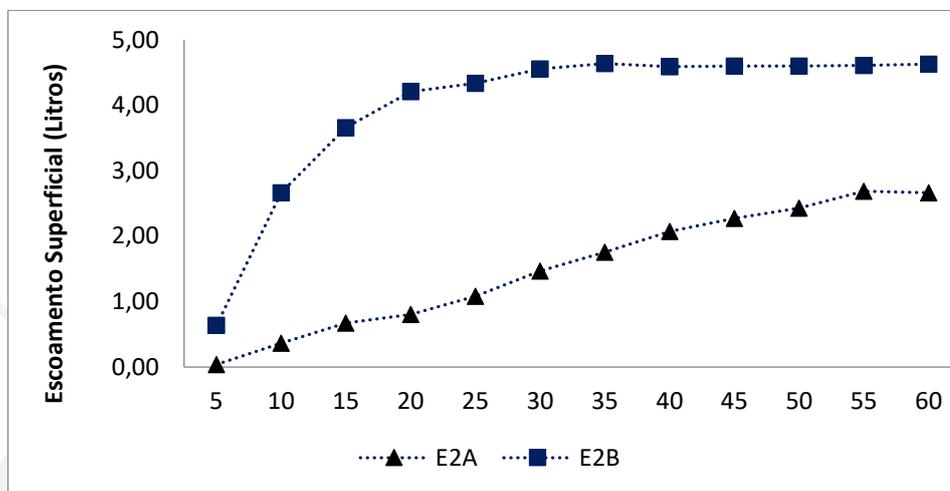
Aos 46 dias, verificou-se o crescimento da biomassa da cultura, a qual enquadrou-se no estágio vegetativo V14, havendo aumento da estatura das plantas assim como a exposição e abertura de novas folhas. Após início dos experimentos, a formação do escoamento superficial iniciou-se para primeira hora de simulação (E2A) aos 4:05 minutos, com abstração inicial de 6,79% do total precipitado (4,23 mm). Para segunda hora de simulação (E2B) o fluxo iniciou-se aos 1:32 minutos, com abstração de 2,55% do total precipitado (1,59 mm), havendo uma redução de 62,41% em relação a (E2A).

Após formação dos fluxos superficiais, a primeira hora de precipitação (E2A) exibiu um avanço linear da curva de crescimento do escoamento ( $r^2=0,98$ ) (Gráfico 2), com início da velocidade básica de infiltração (VIB) aos 20 minutos da segunda precipitação (E2B), com valor de VIB de 13,74 mm/h, se enquadrando como uma VIB média à alta (ANDRADE e ANDRADE, 2021).

Para primeira hora de simulação (E2A), a cultura expôs retenção de 70,58% do total precipitado (43,91mm), reduzindo 66,95% deste valor para a segunda

precipitação (E2B), a qual exibiu retenção de 23,32% do total de água precipitada (14,51 mm).

Gráfico 2: escoamento superficial da cultura do milho após 46 dias de plantio.

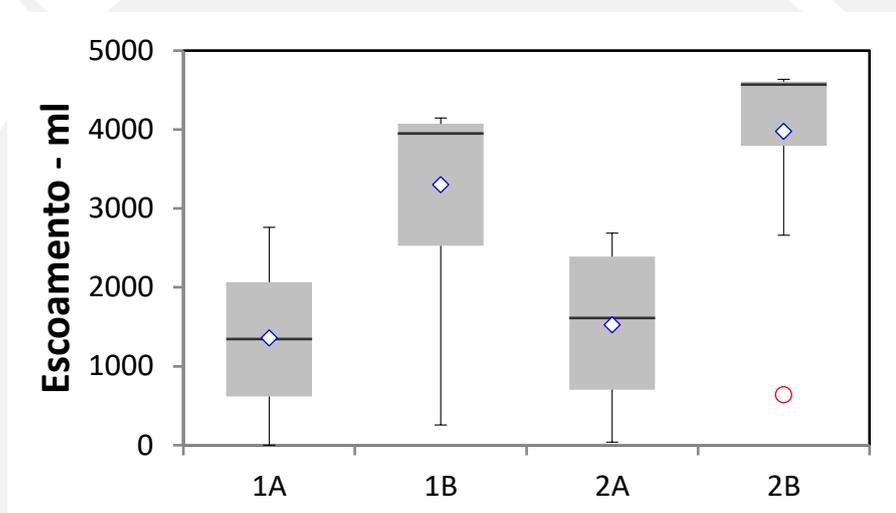
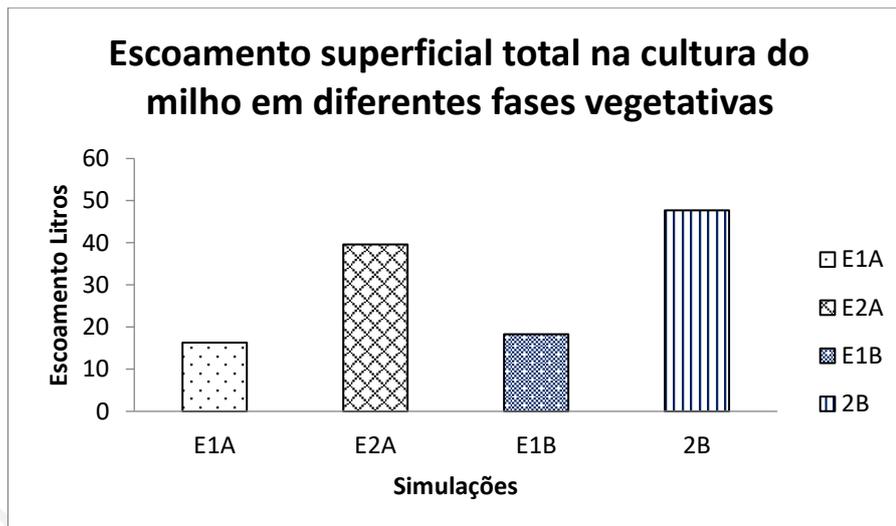


Fonte: Autores.

Comparado os valores expressos nas duas fases de testes (32 dias e 46 dias), ainda que apresentando maior cobertura vegetal, o escoamento superficial iniciou-se de forma mais rápida para a segunda fase (46 dias), havendo uma diferença de 54,66% nos os valores entre E1A e E2A, e 58,15% entre E1B e E2B.

Os totais escoados também exibiram maiores volumes para segunda fase de testes (46 dias), expondo valores totais 10,9% maiores para primeira simulação (E1A, E2A), e 16,96% maiores para segunda simulação (E1B e E2B).

Gráfico 3: Volumes totais escoados na cultura do milho.



Fonte: Autores.

A primeira precipitação em ambos os testes (E1A e E1B) apresentou maiores valores de retenção de água, pois o solo neste momento exibiu espaços vazios capazes de absorver e/ou reter a água precipitada. Já para a segunda precipitação (E2A e E2B), com poros do solo, cavidades do terreno e estruturas das plantas já saturados pela água da primeira precipitação, reduziu-se a capacidade de armazenagem e percolação da água no sistema, havendo um incremento nos valores escoados.

Apesar de apresentar maiores valores de biomassa e de recobrimento do solo, os maiores volumes escoados foram expressos em uma fase fenológica mais avançada da cultura. Atribui-se este fato a variável solo, forma de plantio e a morfologia das plantas do milho.

Com relação ao solo, Rangel e Guerra (2018) demonstram que a densidade crítica do solo para compactação é dependente de sua classe textural. Reichert et al. (2003) propuseram o limite para algumas classes, estabelecendo o valor de  $1,80 \text{ g/cm}^3$  para o solo da área de estudo (franco-argiloso).

Deste modo, o preparo do solo eliminou vestígios de possíveis áreas compactadas, e, por não apresentar trânsito de animais e implementos agrícolas na área de cultivo, a qualidade do solo se manteve ao longo de todo período dos testes, estando os valores abaixo dos limites críticos (tabela 1).

Tabela 1: Valores de Umidade e densidade total do solo.

Amostra	Densidade total	Umidade%
32 Dias	1,26	12,5
46 Dias	1,25	12,11

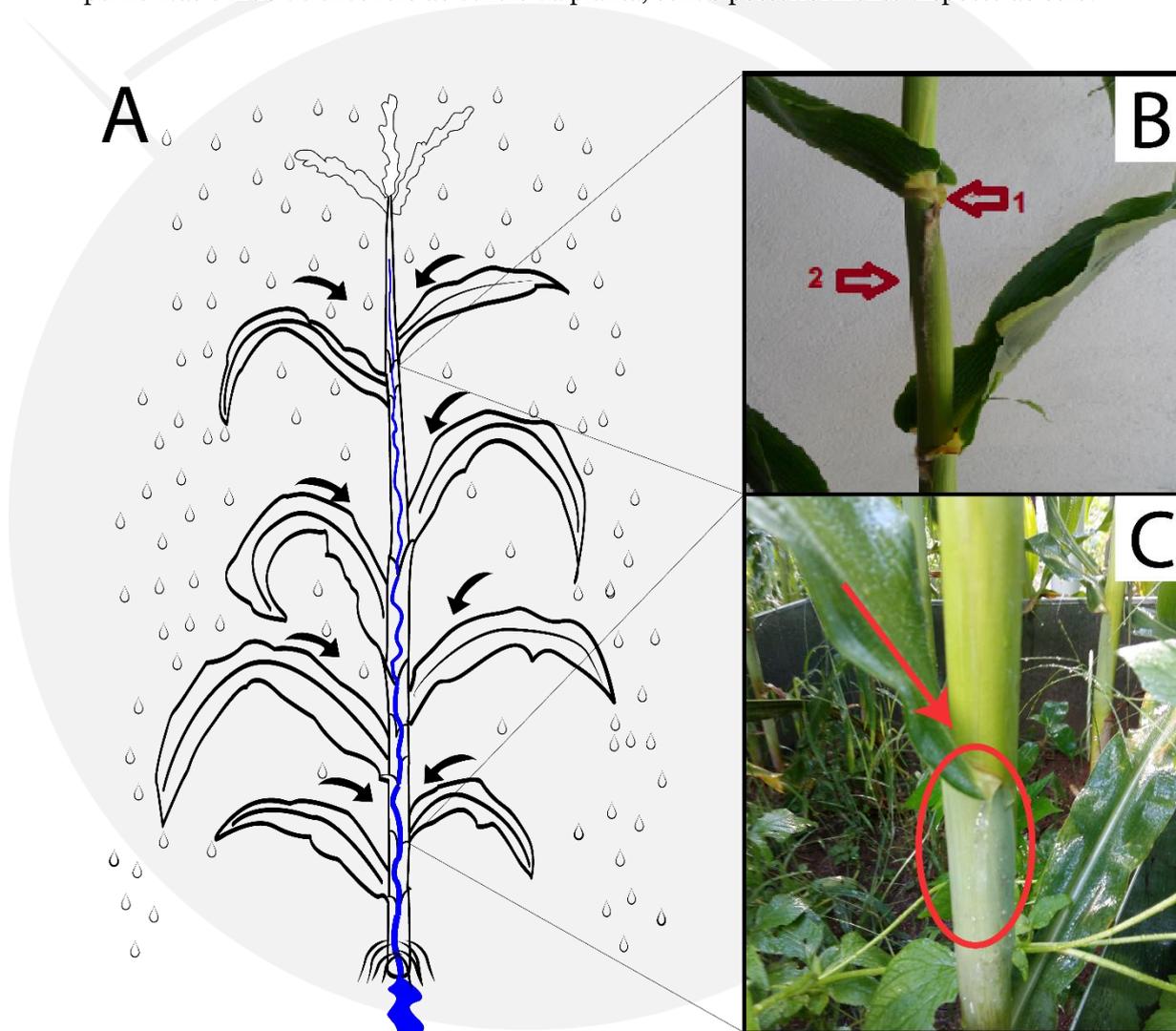
Fonte: Autores.

Apesar de não compactado, notou-se que com o tempo entre testes, as partículas desagregadas pelo manejo de plantio se acomodaram no perfil do solo através da ação de sucessivos processos de umedecimento e secagem advindos da irrigação e evapotranspiração. Neste sentido, apesar de não apresentar variações consideráveis na densidade total, os repetidos impactos das gotas de água sobre o solo, aliado à cinética dos fluxos, reorganizaram as partículas superficiais, de maneira a gerar uma fina camada superficial selada, diminuindo a macroporosidade e afetando diretamente a condutividade hidráulica, (TACKETT E PEARSON, 1964; REICHERT, VEIGA E CABEDA, 1992; SILVA E KATO, 1997; BRANDÃO et al., 2007; VALENTIN e BRESSON, 1992; ALVES e CABEDA, 1999), proporcionando a diminuição da infiltração para segunda fase de testes (46 dias).

Aliado a isto, a morfologia da planta do milho com seu arranjo estrutural também influenciou nos resultados. Como visto na figura 3 B, a planta do milho é composta pelo Colmo, que apresenta ao longo de sua extensão nós (1) e entrenós (2), em cada nó há o crescimento de uma folha, que exibe crescimento no mesmo sentido, porém em

direções inversas à sua subsequente, garantindo equilíbrio no desenvolvimento da planta (figura 2).

Figura 3: (A) Dinâmica da interação da planta do milho com a chuva; o ângulo das folhas interceptantes acumulam a água de forma a conduzi-la até o centro da planta (colmo), produzindo o aumento do fluxo a cada contribuição de folhas subsequentes; (B) Arranjo das partes constituintes de seu colmo: (1) Nó; (2) Entrenó. Folhas apresentando crescimento invertido e no mesmo sentido, com ângulo próximo à 45°; (C) Concentração da água interceptada, fluxo partindo das partes mais periféricas e indo de encontro ao centro da planta, sendo posteriormente disposto ao solo.



Fonte: Autores.

A forma e o arranjo das partes constituintes das plantas favorecem a acumulação de água em seu colmo (Figura 3A). Grande parte da extensão das folhas se mostra ereta, possuindo forma e ângulo capaz de interceptar e conduzir as gotas de

chuva até a parte central da planta, formando um fluxo de água que aumenta do topo à base, por meio de seguidas contribuições de cada folha.

Por se tratar de uma cultura cujo adensamento reflete em maior produção e prevenção de tombamentos (RESENDE et al. 2003; SANGOI et al., 2006; DEMÉTRIO et al., 2008) o número elevado de plantas em um espaço reduzido acaba por produzir ampla quantidade de folhas interceptadoras que recobrem o solo. Desta maneira, cada indivíduo concentra o volume de chuva de sua área de interceptação até um único ponto (FIGURA 3).

O volume concentrado aliado à cinética do fluxo de água disposto em uma área reduzida no solo, gera um canal de escoamento partindo do alto da planta para sua base (Figura 3A). A disposição desta quantidade de água, em um único ponto, supera a capacidade de infiltração do solo, promovendo maior fluxo de água que esco superficialmente.

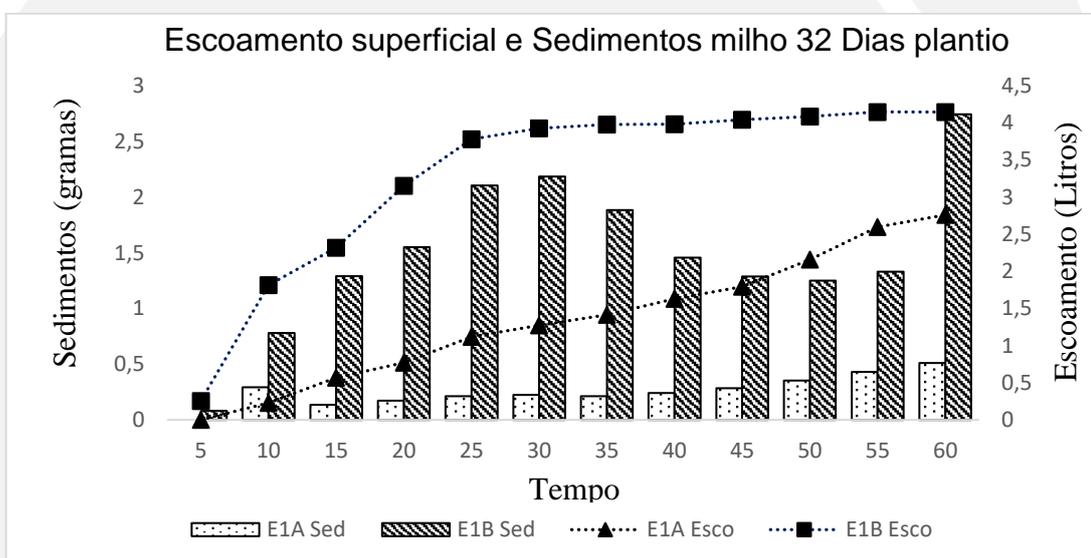
As mudanças fenológicas nas plantas oriundas da diferença temporal entre os testes ofertou período para mudanças na estatura e número de folhas das plantas, havendo para segunda fase de testes (46 dias) indivíduos com maior superfície foliar, aumentando a capacidade de interceptação e por consequência aumentando os volumes de água captados e destinados ao solo.

### **Perdas de solo**

Com relação ao processo erosivo, o período de 32 dias exibiu curvas de perda de solo correlacionadas às perdas de água, sendo  $r = 0,85$  para primeira simulação (E1A) e  $r = 0,76$  para segunda (E1B). A menor correlação exibida em E1B refere-se à redução das perdas de material após 30 minutos de simulação, podendo esta redução estar ligada à menor disponibilidade de partículas desagregadas em superfície disponíveis para transporte, visto que, comparando com a primeira simulação (E1A) a segunda (E1B) produziu um desgaste da superfície 5,83 vezes maior.

Além disso, por se tratar de um ambiente de análise em escala reduzida, eventuais obstáculos no terreno podem gerar o barramento e acumulação de partículas na superfície, e, a movimentação deste obstáculo através da cinética dos fluxos pode gerar seu desprendimento, resultando no aumento abrupto das perdas de solo (gráfico 4).

Gráfico 4: Relação entre escoamento superficial e produção de sedimentos em parcela de erosão inserida na cultura do milho após 32 dias de plantio; valores são resultantes de médias de 3 repetições.



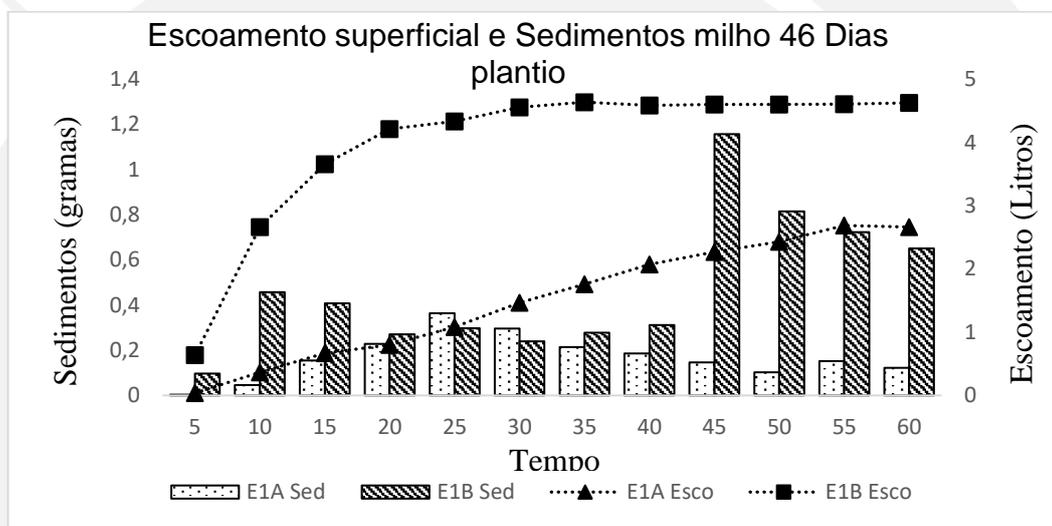
Fonte: Autores.

Diferente do ocorrido no período de 32 dias, a produção de sedimentos da cultura aos 46 dias não exibiu correlação com a formação dos fluxos superficiais, com valores de  $r = 0,13$  para primeira simulação (E2A) e  $r = 0,43$  para segunda (E2B). O maior recobrimento do solo gerado pela cultura (95,5%) em estádios vegetativos mais avançados promoveu a proteção da superfície do solo frente a ação das gotas de chuva, reduzindo a desagregação de materiais pela menor frequência de gotas chocando diretamente com o solo.

A maior superfície de captação da vegetação e os múltiplos estratos vegetativos gerados pelo cruzamento das estruturas das plantas (folhas) produziu uma rede de redistribuição da água interceptada, em que, volumes concentrados acima da

superfície eventualmente eram destinados ao solo na forma de grandes gotas, gerando a desagregação das partículas de forma aleatória e não constante.

Gráfico 5: Relação entre escoamento superficial e produção de sedimentos em parcela de erosão inserida na cultura do milho após 46 dias de plantio.

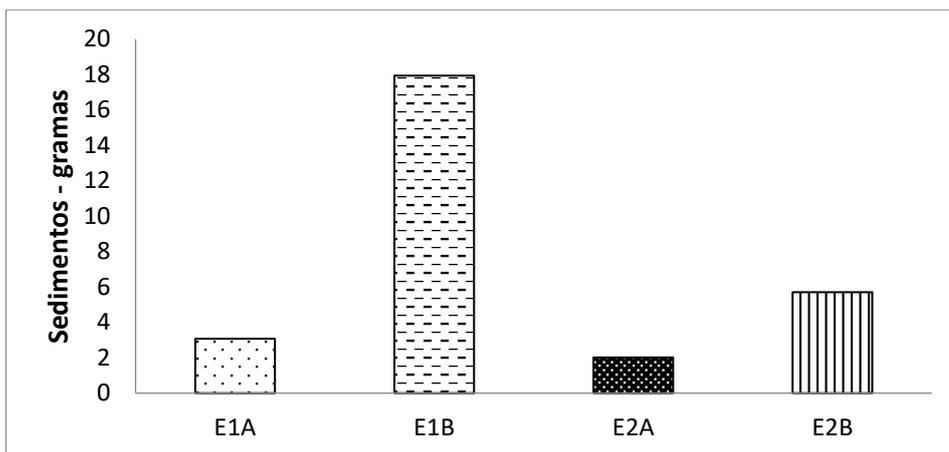


Fonte: Autores.

Comparando a produção de sedimentos totais entre os períodos de análise, as maiores perdas de solo foram constatadas para o período de (32 dias), sendo 34,35 % maiores para primeira simulação (E1A e E2A) e 68,19 % maior para segunda (E1B e E2B).

A variação da cobertura vegetal e mudanças no solo ao longo do tempo proporcionaram condições para as diferenças observadas. A maior área de solo exposto da cultura no período de 32 dias permitiu a ação direta do impacto das gotas em superfície, e, aliado ao manejo ocorrente no preparo do solo no pré-plantio, de forma a revolve-lo e alterar sua estrutura, resultou em um ambiente com maior disponibilidade material desagregado, possibilitando o arraste das partículas de forma facilitada pela ação dos fluxos superficiais.

Gráfico 7: Somatório da produção de sedimentos totais em parcela de erosão inserida cultura do milho em diferentes fases vegetativas, valores em grama são resultados da média de três repetições.



Fonte: Autores.

Aliado a isto, as plantas de milho aos 46 dias também dispuseram de um período de tempo maior para fundamentar seu sistema radicular, caracterizado por fasciculado (figura 3), cujo adensamento maior ocorre em baixas profundidades, sendo 70 % dos totais encontrados na camada superior do solo (0 a 0,10 m), favorecendo a agregação das partículas e dificultando seu arraste (CALEGARI, 2000; COGO E STRECK, 2003; VOLK et al., 2004).

Além do sistema radicular fasciculado, a planta do milho também conta com estruturas externas denominadas de raízes adventícias (Figura 4), que se originam na parte inferior do caule logo acima da superfície, onde nos primeiros nós a planta apresenta um volume considerável de emersões (ROMERO et al., 2003).

Figura 4: Constituintes do sistema radicular da planta de milho capazes de promover interação com o fluxo superficial; (1) Raiz fasciculada; (2) Raízes Adventícias.



Fonte: Autores.

Desta forma, a diferença temporal entre os testes promoveu o maior crescimento e desenvolvimento destas estruturas, as quais também influenciaram no travamento do solo, atuando como barreiras físicas frente aos fluxos superficiais, dividindo-os em canais menores e por consequência reduzindo sua cinética, retendo eventuais partículas.

## CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, constatou-se que a variação temporal exibida no ciclo da cultura do milho produziu alterações em seus componentes morfológicos e nos atributos físicos do solo, imprimindo características ao meio que influenciaram nas perdas de água e solo.

Sob mesmos valores de precipitação, os diferentes estádios fenológicos da cultura do milho exibiram semelhanças nos valores de escoamento, entretanto, foram apreciadas maiores perdas nos estádios vegetativos mais avançados. Ao contrário disto, as maiores perdas de solo foram exibidas no estágio vegetativo menos avançado da cultura, a qual exibiu menor área de cobertura vegetal e solos menos estruturados, com características ligadas ao manejo de plantio.

A morfologia da planta do milho também influiu nesta dinâmica, promovendo a interceptação e concentração da água precipitada, alterando as formas de interação com a precipitação de acordo com os estádios fenológicos das plantas, de forma a exibir maior quantidade de estruturas interceptadoras assim como maior densidade de raízes em estádios vegetativos mais tardios.

## REFERÊNCIAS

- ALVES SOBRINHO, T.; FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F. Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.337-344, 2002. Disponível em: DOI:[10.1590/S1415-43662002000200025](https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000200025)
- ALVES, M.C; CABEDA, M.S.V. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho Escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.753-761, 1999. Disponível em: DOI:[10.1590/S0100-06831999000400001](https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000400001)

ANDRADE, M.; ANDRADE, M.. Influência do uso e manejo do solo na velocidade de infiltração de água. *Brazilian Journal of animal and Environmental Reserach*, V.4, N. 4, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-030>

ANDRADES, T.O.; GANIMI, R.N. Revolução verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, v. 21, Juiz de Fora, 2007, p. 43-56.

BARROS, J. F. C. e CALADO, J. G. **A Cultura Do Milho**. Évora: Portugal, 2014.

BERTOL, Ildegardis; BERTOL, Camilo; BARBOSA, Fabrício Tondello. Simulador de chuva tipo empuxo com braços movidos hidraulicamente: Fabricação e calibração.

**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 36, n. 6, p. 1905–1910, 2012.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000600024>

BERTONI, J.; Lombardi F.. **Conservação do solo**. São Paulo: ícone, 2008. – Edição 6

BEZERRA, J. F. R.; RODRIGUES, S. C. Estudo do potencial matricial e geotêxteis aplicado à recuperação de um solo degradado, Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 6, n. 19, p. 160-174, 2006.

BRANDÃO, V.; SILVA, D.; RUIZ, H; PRUSKI, F.. Soil losses and physical and micromorphological characterization of formed crusts in soils under simulated rainfall. **Rev. Engenharia Agríc.** p. 129-138, 2007. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000100006>

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Revista Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 22, p. 141-164, 2012.

CALEGARI, A. **Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto**. Veiga. Memorias de la V Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Agricultura Conservacionista. Florianópolis, Brasil, 2000.

CARVALHO, Fábio. **Water flows in the stream watershed queixada in the city of Jataí (Go)**. 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2011.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. Interciencia, Rio de Janeiro. 602 p. 2008.

COGO, N.P; STRECK, E.V. Surface and subsurface decomposition of a desiccated grass pasture biomass related to erosion and its prediction with RUSLE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:153-164, 2003. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000100016>

CONFESSOR, J. C. **Avaliação de processos erosivos hídricos em diferentes usos agrícolas, utilizando simulador de chuvas no ambiente de Cerrado.**

2019. 187 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: DOI

<http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.606>

CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Método para calibração, validação e utilização de simuladores de chuvas aplicados a estudos hidrogeomorfológicos em parcelas de erosão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p.221-229, jan. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1294>

CONFESSOR, J. G.; SILVA, L. L.; RODRIGUES, S. C. Confecção de um simulador de chuvas móvel como ferramenta de disseminação do conhecimento Geomorfológico e preservação de ambientes. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, V. 22, N. 4, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i4.1871>

COSTA Y. T.; BARCELOS A. C.; RODRIGUES. **Avaliação da eficiência de proteção da cobertura vegetal sobre o processo de escoamento superficial por meio de parcelas experimentais na fazenda experimental da glória (Uberlândia – MG).** Simpósio Mineiro de Geografia, Alfenas. Anais (online) p. 50-60, 2014.

CRUZ, J. C; et al. **Produção de milho na agricultura familiar.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

CRUZ, J.C. (Ed.). **Cultivo do milho.** 6.ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1).

CRUZ, J.C.; ALVARENGA, R.C.; NOVOTNY, E.H.; PEREIRA- FILHO, I.A.; SANTANA, D.P.; PEREIRA, F.T.;HERNANI, L.C. **Cultivo do milho.** 2.ed. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

CUNHA, M.; THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. Medidas de controle de erosão em estradas rurais na bacia do rio das pedras, GUARAPUAVA-PR. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, p.107-118, 2013. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000100009>

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. **Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

- EMBRAPA, Milho e Sorgo. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Sete Lagoas: MG, 2006. (Circular Técnica Online, 75).
- EMBRAPA, Milho e Sorgo. **Fisiologia do Milho**. Sete Lagoas: MG, 2002. (Circular Técnica Online, 22).
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FORNASIERI, D. F. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: SP, 2007. p.37.
- LEITE, D et al. **Erosão hídrica sob chuva simulada no milho**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** . Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002.
- LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; SANTOS, E. J.; RITTER, S. R. Erosão hídrica em um Nitosolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de água e solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 1033-1044, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000600012>
- LUK, S. H.; ABRAHMNS, A. D.; PARSONS, A. J. Methodology: A Simple Rainfall Simulator And Trickle System For HydroGeomorphological Experiments. **Physical Geography**, v. 7, p. 344-356, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02723646.1986.10642303>
- MACHADO, D. F; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES S. C. **Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas**. Simpósio Mineiro de Geografia. Alfenas, 2014.
- MACHADO, J.; SOUZA, J.; RAMALHO, M.; LIMA, J. **Estabilidade de produção de híbridos simples e duplos de milho oriundos de um mesmo conjunto gênico**. Bragantina, 2008.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Fisiologia da produção de milho. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. 10p. (Circular Técnica, 76)
- MEYER, L. D. Simulation of rainfall for soil erosion research. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 8, p. 63-65. 1965. Disponível em: [doi:10.13031/2013.40426](https://doi.org/10.13031/2013.40426)
- MIRANDA, G. V. COIMBRA, R. R. GODOY, C. L. SOUZA, L. V. GUIMARÃES, L. J. M. MELO, A. V. **Potencial de melhoramento e divergência genética de**

**cultivares de milho pipoca.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.38, n.6, p. 681 – 688, 2003.

MORI, K.; BERNIER, N.; KOSAKIC, T.; PONGE, J. Tree influence on soil biological activity: what can be inferred from the optical examination of humus profiles.

**Europe Journal Soil Biol**, 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.05.001>

PAES, M. C. D. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho.** Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. 6p. (Circular Técnica, 75).

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P.T.S. de; 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*, v.35, p.1777-1785, 2011. DOI: Disponível em: 10.1590/S0100-06832011000500032

PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.261-268, 2006. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000200003>

PFANN, A.; FARIA, M.; ANDRADE, A.; NASCIMENTO, I.; FARIA, C.; RONI, B.. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. *Revista Fitotecnia Cienc. Rural*, V. 39, N 3, 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000300002>

PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p.157-175, dez. 2008. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000200010>

PRUSKI, F.F.; FERREIRA, P.A.; RAMOS, M.M.; CECON, P.R. Model to design level terraces. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Reston, v.123, n.1, p.8-12, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1997\)123:1\(8\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1997)123:1(8))

RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T. Caracterização de atributos do solo de trilhas ecoturísticas em unidades de conservação do município de Paraty (Rj). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V.19, n1, pag 17-31, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1134>

REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; CABEDA, M. S. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 1992.

REICHERT, J. M; REINERT, D.J.; BRANDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência e Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003.

RESENDE, J.A.; PEREIRA, M.N.; VON PINHO, G.R.; FONSECA, A.; SILVA, A.. Ruminal silage degradability and productivity of forage and grain-type sorghum cultivars. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.457-463, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162003000300007>

ROMERO, J.; MAGALHÃES, J.; DURÃES, F.; VASCONCELOS, C.. Efeito do cálcio sobre algumas características biofísicas e morfológicas de plantas de milho BRS-4154 submetidas ao alagamento do solo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, V. 2, N. 3, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v2n03p%25p>

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; SILVA, A. A.; ERNANI, P. R.; HORN, D.; STRIEDER, M. L.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C. Desempenho agrônômico de cultivares de milho em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 218-231, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v5n02p%25p>

SILVA, C.L.; KATO, E. **Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, p.32, n.2, p.213-20, 1997.

SOUSA, R. S.. **Fenotipagem em milho para identificação de genótipos tolerantes à deficiência hídrica**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 78 f. 2012.

TACKETT, J. L; PEARSON, R. Some characteristics of soil crusts formed b simulated rainfall. **Soil Science**. Baltimore, v. 99, n.6, p.407-413, 1964. Disponível em: DOI:10.1097/00010694-196506000-00010

THOMAZ, E. L. The influence of traditional steep land agricultural practices on runoff and soil loss. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 130, n. 1-2, p.23-30, 2009. Disponível em: DOI:10.1016/j.agee.2008.11.009

Thomaz, E. L.; Scharrón, C. E.. Rill length and plot-scale effects on the hydrogeomorphologic response of gravelly roadbeds. *Earth Surface Processes and*

Landforms, V. 40, N. 15, pag. 2041–2048. Disponível em:

<https://doi.org/10.1002/esp.3778>

TORRES, F.; LANGHI, G.; TEODORO, P.; RIBEIRO, L.; CORRÊA, C.; OLIVEIRA, E. Desempenho de híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos na região do cerrado brasileiro. *Revista de Ciências Agrárias*, V. 36, N. 4, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.19084/rca.16326>

VALENTIN, C.; BRESSON, L.M. Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils. **Geoderma**, Amsterdam, v.55, p.225-45,

1992. Disponível em: DOI:10.1016/0016-7061(92)90085-L

VOLK, L.B.S.; COGO, N.P.; STRECK, E.V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:763-774, 2004.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000400016>