



CIEEMAT`19

The 5th Ibero-American Congress on
Entrepreneurship, Energy, Environment
and Technology

PROCEEDINGS



5th Ibero-American Congress on

Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology

11th – 13th September 2019

Portalegre, Portugal

ISBN 978-84-17934-30-9



9 788417 934309 >

Portugal, September 2019

Análise de indicadores de erosão hídrica com uso de simulador de chuva em solos sob condições de seca do Nordeste de Portugal

Ana Caroline Royer, Tomás de Figueiredo, Felícia Fonseca, Fabiana Costa Araujo Schütz

1 Ana Caroline Royer
CIMO – Centro de Investigação de
Montanha
Instituto Politécnico de Bragança –
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná UTFPR
Bragança, Portugal
anaroyer@alunos.utfpr.edu.br

2 Tomás de Figueiredo
CIMO – Centro de Investigação de
Montanha
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
tomasfig@ipb.pt

3 Felícia Fonseca
CIMO – Centro de Investigação de
Montanha
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
fonseca@ipb.pt

4 Fabiana Costa Araujo Schütz
Departamento de Ciências Ambientais
e Biológicas
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná UTFPR
Medianeira, Brasil
fabianaschutz@utfpr.edu.br

Resumo— A erosão é apontada como o principal fenómeno responsável pela degradação dos solos. A crescente intensificação dos processos erosivos, associadas as atividades antrópicas, tem consequências que vão além das perdas das funções do solo, uma vez que conduzem a acentuação de eventos climáticos extremos, no contexto do nordeste transmontano português, especialmente a seca e a desertificação. Ainda não estão bem descritos e compreendidos os efeitos de períodos prolongados de seca na resposta erosiva às primeiras chuvadas que se sucedem. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar indicadores de resposta erosiva de solos submetidos a um período prolongado de seca, utilizando simulador de chuva. Para tal, foram selecionados 5 solos suscetíveis e representativos da região NE de Portugal, os quais foram submetidos a um período de 6 meses de secagem e logo após, a 2 chuvas simuladas, de 30 min de duração cada, com intensidade média de $72,55 \text{ mm.h}^{-1}$, a considerar um intervalo de 1 hora entre as chuvas. Os parâmetros obtidos no ensaio, nomeadamente volume e sedimento escoado, perda de solo e salpico, permitiram a estimativa de indicadores de resposta erosiva, designadamente Coeficiente de Escoamento (CE), Concentração de Sedimentos Global (CSg), Erodibilidade (EROD) e Destacabilidade (DET). As propriedades físico-químicas do solo, tais como textura, pedregosidade e matéria orgânica, influenciam substancialmente a resposta erosiva, sendo o efeito do tipo de solo estatisticamente significativo em CSg, EROD e DET. O efeito chuvada foi detectado como significativo para CE, CSg, DET e o escoamento. Constatou-se que o tempo de início do escoamento diminui conforme o aumento da humidade do solo, ou seja, as perdas de água, bem como de solo, são maiores conforme o aumento da humidade do solo. Ainda, o efeito das primeiras precipitações em solos secos se reflete não necessariamente em maiores perdas de solo por escoamento, mas sim, numa maior concentração de sedimentos e perdas por destacabilidade, que foram em média, 30% e 20% maiores na primeira do que na segunda chuva, respectivamente. Portanto, as condições de escassez de água podem gerar perdas erosivas mais pronunciadas, condicionadas pelo tipo de solo e, principalmente, pela intensidade da precipitação que o atingir após o período prolongado de secura.

Palavras-chave — perda de solo, escoamento, salpico, humidade do solo.

1. INTRODUÇÃO

A degradação do solo é apontada pela Organização das Nações Unidas – ONU como um dos maiores problemas ambientais da atualidade, o que fez com que o 15.º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável fosse intitulado “Proteger, restaurar e promover a utilização sustentável dos ecossistemas terrestres, manejar sustentável das florestas, combater a desertificação, e suspender e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade” [1]. Quando este problema é associado às intensas atividades humanas, o processo pode culminar na desertificação de áreas significativas, ameaçando a segurança alimentar da população [2].

Vários são os fatores de degradação do solo, dentre os quais o maior enfoque é dado aos processos erosivos, uma vez que a maioria dos demais fatores resulta na intensificação deste fenómeno. A erosão é a principal responsável pelo empobrecimento dos solos e pode ser definida como o processo de desprendimento e arraste acelerado por agentes erosivos das partículas do solo, sendo o principal agente apontado como a água [2] [3] [4].

A erosão hídrica acontece por fases, que incluem a desagregação das partículas do solo, seu transporte e a deposição dos sedimentos, caracterizando formas principais, comumente designadas: erosão por salpico, laminar, em sulcos e ravinas. O primeiro estágio, salpico, também conhecido como *splash*, se dá pelo impacto das gotas da chuva, que caem com energia cinética e velocidade variáveis, desprendendo as partículas do solo. O escoamento superficial (*rumof*) terá início a partir do momento em que a intensidade de precipitação exceder a taxa de infiltração do solo. Por esse fenómeno os sedimentos do solo são transportados e, quando a energia necessária para a movimentação cessa, a deposição ocorre [3] [4] [5] [6].

A tipologia e a intensidade da erosão são determinadas pelas condições ambientais de uma região, nomeadamente o clima, o solo, morfologia, uso do solo, cobertura vegetal e manejo do solo [4]. As propriedades de cada tipo de solo, tais como a textura, estrutura, densidade aparente, porosidade, consistência, teor de matéria orgânica e desenvolvimento do

perfil do solo, desempenham um papel crucial na vulnerabilidade à erosão [5].

Os processos erosivos são presentes na região Nordeste (NE) de Portugal, em parte devido ao clima mediterrânico da região, bem como a topografia favorável, com extensas zonas de montanha sensíveis aos processos de erosão hídrica, somadas as características dos solos predominantemente delgados e pedregosos, em sua maioria Leptossolos. A suscetibilidade da região é objeto de diversos estudos, uma vez que apresenta risco potencial que podem favorecer e acelerar os processos de degradação e, em decorrência, de desertificação [7] [8]. Ademais, o uso e cobertura da terra vem sofrendo profundas mudanças ao longo dos últimos anos, assim como o aumento da variabilidade das condições do tempo, nomeadamente os períodos de seca prolongados e, por outro lado, eventos de intensa precipitação, que compõem um cenário indutor de processos erosivos.

A erosão também contribui para a redução da capacidade de infiltração e da humidade disponível no solo, o que resulta em condições mais propensas ao surgimento de secas [3] [9]. O contrário também é válido, pois a seca também diminui a capacidade de retenção da humidade do solo, ocasiona a ruptura dos agregados e forma torrões, que revelam maior tendência a serem erodidos com o surgimento das chuvas, natural fator impulsor da erosão.

Com o intuito de quantificar e/ou estimar as perdas de solo por erosão, foram desenvolvidos vários modelos empíricos, sendo que o mais difundido globalmente é a Equação Universal de Perda de Solo Revisada – RUSLE [10]. Além dos métodos empíricos, o fenómeno pode ser avaliado de forma experimental, com o auxílio de simuladores de chuva. Estes permitem controlar as variáveis assim como eventuais interferências indesejadas, sendo possível simular o estudo de distintos tipos de solo, com usos e coberturas vegetais diferentes, condicionadores, assim como práticas de conservação e de manejo do solo [3] [5].

Nesse contexto, este estudo teve como propósito avaliar a resposta erosiva por meio de indicadores, sob chuva simulada aplicada à solos representativos do NE transmontano de Portugal, submetidos a um período prolongado de secagem.

II. METODOLOGIA

A área de estudo corresponde a região NE de Portugal, com aproximados 1.309 mil ha, cujos limites foram propostos por Agroconsultores e Coba, em 1991. Na ocasião deste estudo, também foram identificados os regimes climáticos em função do relevo (Montanha, Planalto ou transição), da temperatura média anual e da precipitação média anual definidos na carta de solos do nordeste de Portugal [11].

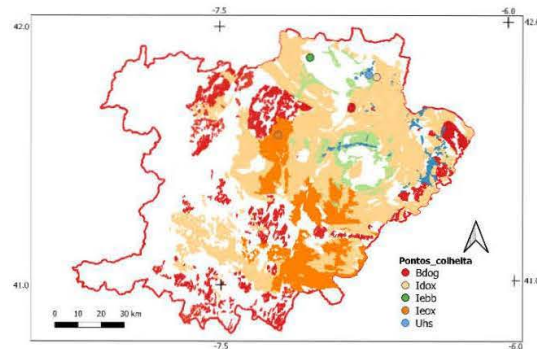
Para a seleção dos solos, foram considerados os critérios de representatividade no território e das zonas climáticas, bem como a suscetibilidade do solo em função das suas propriedades. A Tabela I apresenta os solos selecionados, bem como uma síntese de suas características. Na Fig. 1 é possível verificar o local de colheita dos solos, que distribuem-se pelo concelho de Bragança, e a sua representatividade na área de estudo.

TABELA I. Características dos solos estudados.

Solo	Classificação	^a Zona Climática
Bdog	Cambissolo dístico órtico de granitos	T3,F3,F4 semiárido
Idox	Leptossolo dístico órtico de xistos e rochas afins	Q4, Q5, T4, T5 semiárido
Ieox	Leptossolo éutrico órtico de xistos e rochas afins	Q5 semiárido
Iebb	Leptossolo éutrico cámbico de rochas básicas (metabásicas)	T4, F2 subhúmido seco a chuvoso
Uhs	Alissolos de sedimentos detriticos não consolidados	T3, T4 húmido

Fonte: Adaptado de Agroconsultores e Coba (1991) [11].
^a extraído de Morais (2019) [12].

Fig. 1. Localização dos pontos de colheita de solos na região NE de Portugal.



Com exceção do solo Uhs, que apresenta profundidade elevada de aproximadamente 25 cm, os demais solos são delgados, com pouco desenvolvimento de horizontes. Os relevos são de inclinação média, em geral. Os solos amostrados foram crivados à malha 2 mm, dispostos em tabuleiros de plástico com área de 322 cm², sendo 3 tabuleiros para cada tipo de solo, de forma a garantir uma densidade aparente semelhante a original. Após apontadas as humidades, os recipientes passaram por uma simulação de chuva realizada por Morais [12] e após, permaneceram sob secagem durante um período aproximado de 6 meses. Passado este tempo, os solos foram submetidos a uma segunda simulação de chuva controlada, previamente determinados os novos teores de humidade.

Para a chuva simulada, utilizou-se um simulador do tipo aspersor (Fig. 2a), com 4 patas de sustentação ajustáveis e altura aproximada de 2,65m, fazendo com que a área molhada atingisse aproximados 9m². Os solos foram alocados na área central da aspersão de água, com auxílio de um suporte com 14,5% de declive (Fig. 2b). As condições de precipitação (P) foram calibradas, com controle de pressão a 0,40 bar e testes prévios de intensidade (I) com duração de 10 min a cada tipo de solo simulado. Cada tabuleiro passou por 2 chuvadas, com duração de 30 min cada e com um intervalo de 1 h entre as chuvas. A calibração permitiu adotar uma $I_{média}$ de 72,55 mm.h⁻¹, bem como uma $P_{média}$ ($I_{média}/2$) equivalente a 36,27 mm, para todas as 10 simulações. Assumiu-se que a precipitação representa a erosividade da chuva, uma vez que se trata de uma chuva simulada, com duração conhecida e intensidade constante.

Fig. 2a. Simulador de chuva tipo aspersor



Fig. 2b. Suporte para 3 tabuleiros por simulação



Durante os ensaios, foi realizada a detecção do tempo necessário para o início do escoamento, bem como coleta do volume escoado e dos sedimentos do salpico, os quais permitiram quantificar os parâmetros Escoamento (E, mm), Perda de Solo (PS, $g.m^{-2}$) e Perda por Salpico (SP, $g.m^{-2}$). Por conseguinte, foi possível obter os seguintes indicadores para cada simulação, conforme Tabela II: Coeficiente de Escoamento (CE), Concentração de Sedimentos Global (CSg), Erodibilidade (EROD) e Destacabilidade (DET).

TABELA II. Equações utilizadas para os indicadores das simulações.

Indicador (unidade)	Fórmula de cálculo
CE – Coeficiente de Escoamento	$CE = E(mm)/P(mm)$
CSg – Concentração de Sedimentos Global ($g.L^{-1}$)	$CSg = PS(g.m^{-2})/E(mm)$
EROD – Erodibilidade ($ton.ha^{-1}.mm^{-1}$)	$EROD = \frac{0,01.PS(g.m^{-2})}{P(mm)}$
DET – Destacabilidade ($g.m^{-3}.mm^{-1}$)	$DET = SP(g.m^{-2})/P(mm)$

Todos os dados obtidos foram submetidos a tratamento estatístico, sendo o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, $p_{valor} = 5\%$ (<https://www.socscistatistics.com/tests/kolmogorov/default.aspx>), onde todas as séries foram consideradas normais. Com auxílio da ferramenta Excel, foi realizada a análise de variância, ANOVA fator duplo com repetição, a considerar o efeito solo e chuva. Na sequência, foi realizado o teste LSD – Least Significant Difference para a diferenciação das médias.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de umidade inicial dos solos demonstra um grau extremo de secura, com teores mássicos que variam entre 1,01% e 2,34%, sendo os maiores observados para os solos de maior fração argilosa, Iebb e Uhs, fato atribuído a maior quantidade de microporos.

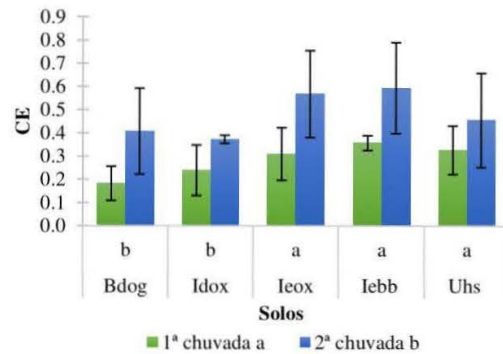
Os resultados obtidos para os quatro indicadores de resposta erosiva bem como o efeito do tipo de solo e chuva permitem levar a interessantes análises. A análise de variância apontou diferenças estatisticamente significativas para o efeito solo nos indicadores CSg ($p = 0,018$), EROD ($p = 0,00$) e DET ($p = 0,034$), com exceção, portanto, do coeficiente de escoamento (CE, $p = 0,134$). Já no efeito chuva, a diferença

se revelou significativa para CE ($p = 0,001$), CSg ($p = 0,013$) e DET ($p = 0,039$). Neste caso, a erodibilidade, que representa as perdas de solo por escoamento, não se mostrou significativamente diferente entre as duas chuvas aplicadas ($p = 0,093$). O efeito duplo, solo e chuva, é verificado para a Concentração de Sedimentos Global e a Destacabilidade.

O Coeficiente de Escoamento (CE) deriva e é proporcional ao escoamento. Este, tardou para iniciar na primeira chuva, cerca de 2 minutos a mais em relação a segunda. Em solos secos, a quantidade de poros preenchidos com água é reduzida, o que faz com que parte da água precipitada seja utilizada para o preenchimento destes poros até então gasosos e, por sua vez, não é direcionada ao escoamento. Este comportamento de redução do tempo de início do escoamento com o aumento da umidade também foi constatado por outros estudos [13] [14].

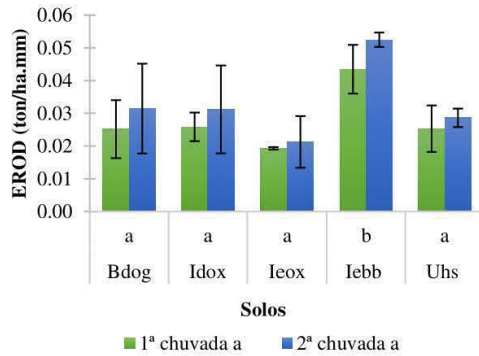
Na Fig. 3 é evidenciado que o escoamento aumenta proporcionalmente à umidade dos solos, visto que os valores de CE da segunda chuva são em média o dobro da primeira. Escoamentos consoantes ao aumento do teor de umidade das amostras de solo sob chuva simulada já estão relatados na literatura [15] [16]. A variação entre solos, embora não significativa pela ANOVA, porém, evidenciada pelo teste LSD, pode ser explicada pelas propriedades intrínsecas de porosidade e matéria orgânica. Esta última, tem efeito redutor no escoamento, ou seja, quanto maior a quantidade de matéria orgânica, menor o escoamento.

Fig. 3. Comportamento do Coeficiente de Escoamento (CE) durante as simulações. Chuvas (legenda) seguidas de letras distintas apresentam diferenças significativas entre si, ANOVA 5%. Solos (abscissa) com letras diferentes apresentam média diferenciada segundo LSD 5%.



O indicador erodibilidade (EROD) reflete as perdas de solo por escoamento e, neste, o efeito solo é considerado significativo pela ANOVA, embora para o escoamento (CE) o efeito não seja revelado significativo. Em contrapartida, o efeito chuva não é verificado para EROD, apesar de ser visível na Fig. 4 o ligeiro aumento das perdas de solo da primeira para a segunda chuva. Iebb foi o solo que apresentou a erodibilidade mais expressiva em relação aos demais solos, apontada pelo teste de diferenciação de médias como sendo $0,02$ e $0,024 \pm 0,002 ton.ha^{-1}.mm^{-1}$ superiores na primeira e segunda chuva, respectivamente.

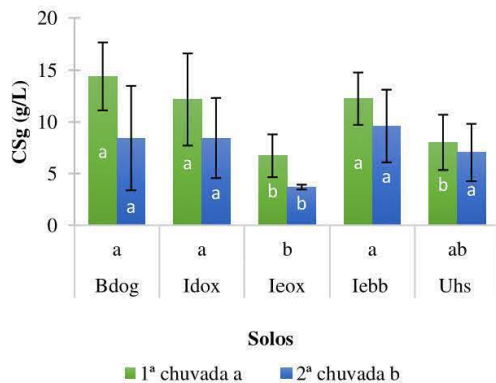
Fig. 4. Comportamento da Erodibilidade (EROD) durante as simulações. Chuvadas (legenda) seguidos de letras distintas apresentam diferenças significativas entre si, ANOVA 5%. Solos (abscissa) com letras diferentes apresentam média diferenciada segundo LSD 5%.



Era expectável que os solos Idox e Ieox apresentassem as maiores perdas de solo, uma vez que suas erodibilidades são consideradas muito alta, relatadas na literatura com valores de 0,061 e 0,071 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$, respectivamente [16]. No entanto, o comportamento verificado, oposto ao esperado, pode ser atribuído à pedregosidade de pequena dimensão, a qual pode ter diminuído as perdas de solo por terra fina.

A razão entre a perda de solo e ao escoamento é traduzida pelo indicador Concentração de Sedimentos Global (CSg) que, teoricamente, reflete a combinação entre os dois indicadores abordados anteriormente. Para CSg, foram constatados tanto o efeito solo quanto o efeito chuvada, como pode ser observado na Fig. 5. Apesar da erodibilidade e do coeficiente de escoamento serem menores na primeira chuvada, a concentração de sedimentos revela-se superior àquela verificada na segunda chuva, em média 30% maior. Isto é, a primeira chuva é mais concentrada em termos de sedimentos, apesar das perdas de água serem significativamente menores. Do ponto de vista ambiental, esse comportamento é problemático e merece atenção, pois na medida em que esses sedimentos atingem os corpos hídricos, há um maior impacto ambiental associado.

Fig. 5. Comportamento da Concentração de Sedimentos Global (CSg) durante as simulações. Chuvadas (legenda) e rótulos (barras) seguidos de letras distintas apresentam diferenças significativas entre si, ANOVA 5%. Solos (abscissa) com letras diferentes apresentam média diferenciada segundo LSD 5%.

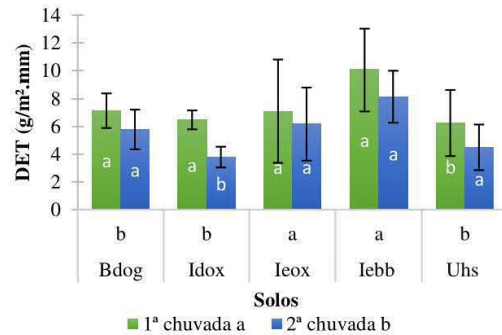


Dentre os solos, Ieox apresentou a menor CSg, em vista dos solos Bdog, Idox e Iebb que estão associados às maiores concentrações, enquanto que a concentração de Uhs se situa na transição destes. De fato, Ieox foi quem apresentou o menor valor para o indicador erodibilidade. Apesar dos dados de teor de elementos grosseiros ainda não estarem disponíveis, atribui-se esse comportamento menos expressivo observado para ambos os indicadores à visível pedregosidade existente nos tabuleiros do solo Ieox, que possui um efeito redutor nas perdas de solo.

Além de CE, EROD e CSg, a destacabilidade (DET) foi avaliada. Esta, reflete as perdas de solos pelo fenómeno de salpico, ou seja, pelo impacto das gotas de chuva que caem com uma determinada energia cinética. Neste indicador, ambos os efeitos foram considerados significativos, tanto solos quanto chuvada (Fig. 6).

O solo que apresentou maior destacabilidade foi Iebb, seguido de Ieox, Bdog, Uhs e Idox. A diferença entre solos pode ser explicada pelas características de estabilidade dos agregados, textura e pedregosidade superficial associada a cada um dos tabuleiros de solos. Ao comparar com o padrão de distribuição dos solos para o indicador erodibilidade, o leptossolo Iebb apresenta as maiores perdas em ambas as situações.

Fig. 6. Comportamento da Destacabilidade (DET) durante as simulações. Chuvadas (legenda) e rótulos (barras) seguidos de letras distintas apresentam diferenças significativas entre si, ANOVA 5%. Solos (abscissa) com letras diferentes apresentam média diferenciada segundo LSD 5%.



O índice mais interessante deste indicador é justamente a diferença entre chuvadas. Após o período de secagem, a destacabilidade da primeira chuva foi aproximadamente, em média, 20% maior em relação as perdas de sedimentos por salpico da segunda simulação. Esta observação sugere que a reação dos solos secos quando expostos às primeiras precipitações se traduz em perdas mais expressivas por salpicos. Com efeito, o salpico decresce substancialmente com o aumento da humidade dos solos submetidos ao simulador [15].

No início do experimento, os tabuleiros representavam solos mobilizados, em decorrência do processo de preparação dos mesmos. Os recipientes permaneceram intocáveis ao longo do período de secagem e, os resultados permitem supor que o processo de secagem propiciou a retração dos colóides e a consolidação dos materiais, o que faz com que a resposta erosiva fosse de baixa magnitude, prevalecendo o salpico pronunciado logo do contato com as primeiras precipitações. Outra hipótese suportada é de que as duas chuvas simuladas

não foram suficientes para atingir o grau de saturação dos tabuleiros.

IV. CONCLUSÕES

As simulações realizadas sob os solos selecionados da região NE de Portugal após um período prolongado de seca revelam resultados interessantes no tocante a relação existente entre os processos erosivos e os processos de secagem. Conforme constatado, o teor de humidade inicial do solo influencia as perdas de solo e de água.

O efeito das primeiras precipitações sob solos secos se reflete não necessariamente em maiores perdas de solos carregadas por escoamento, mas sim, essencialmente numa maior concentração de sedimentos e perdas das partículas destacáveis pelo salpico. Apesar de gerar menores perdas de água por escoamento, as primeiras chuvadas têm o efeito de concentração de sedimentos. Com isso, estabelece-se a hipótese de que precipitações mais erosivas do que as simuladas, podem ser indutoras de maiores perdas de solo. Isto é, embora a produção de escoamento não seja muito evidente, a água será capaz de transportar consigo maiores quantidades de sedimentos.

Os resultados encontrados demonstram que o processo perante tal situação ocorre exclusivamente na camada superficial e, sugere que o processo de secagem altera a agregação das partículas, podendo levar a formação de uma crosta no horizonte superficial que permite que o escoamento se pronuncie mesmo que o perfil em profundidade não esteja completamente saturado, isto é, com todos os poros preenchidos com água.

Portanto, as condições de escassez de água podem contribuir para a geração de perdas erosivas mais pronunciadas, sendo que estas são condicionadas pelas características dos tipos de solo e, principalmente, pela erosividade das precipitações que atingem os solos sob condições de seca, isto é, a intensidade associada as chuvadas.

AGRADECIMENTOS

À todas as pessoas que de alguma forma auxiliaram no desenvolvimento das simulações de chuva. Ao Instituto Politécnico de Bragança e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade de participar do programa de dupla diplomação.

REFERÊNCIAS

- [1] United Nations. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. October, 2015. Retrieved Januar, 11, 2019 from <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- [2] FAO and ITPS. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. "Status of the World's Soil Resources (SWRS) – Main report. Rome, Italy, 2015.
- [3] J. Bertoni e F. Lombardi Neto. Conservação do solo. São Paulo, Ed. Ícone, 1990.
- [4] N. Evelpidou, S. Cordier, A. Merino, T. de Figueiredo e C. Centeri. Runoff Erosion. Lifelong Learning Programme, 2013.
- [5] A. J. T. Guerra, A. S. da Silva, e R. G. M. Botelho. Erosão e Conservação dos Solos - Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, Ed. 3ª ed., 2007.
- [6] R. P. C. Morgan. Soil Erosion and Conservation. United States of America, 3ª ed., 2005.
- [7] T. de Figueiredo, 2013. Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano. Instituto Politécnico de Bragança, Ed., 84ª-Série. Bragança, 2013.
- [8] T. de Figueiredo, F. Fonseca e L. Nunes. Os solos e a suscetibilidade à desertificação no NE de Portugal. In T. de Figueiredo, F. Fonseca, e L. Nunes (Eds.) *Proteção do solo e combate a desertificação: oportunidade para as regiões transfronteiriças*, pp. 97-100, Bragança, ESA/IPB, 2015.
- [9] R. P. C. Morgan. Soil Erosion and Conservation. 3ª ed. USA, 2005.
- [10] K. G. Renard, G. R. Foster, G. A. Weesies, D. K. Mccool, and D. C. Yoder. Predictiong Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agricultur. Washington, 1997.
- [11] Agroconsultores e Coba. Carta dos Solos, Carta do Uso Actual e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. PDRITM. Vila Real: Universidade de Trás-os-Monstes e Alto Douro, 1991.
- [12] L. Morais. Eficácia de condicionadores de solo para a redução da sua erodibilidade no nordeste de Portugal avaliada com simulação de chuva. Instituto Politécnico de Bragança, 2019.
- [13] R. B. Spohr, R. Carlesso, C. G. Gállarreta, F. G. Préchac, M. G. Petillo. Modelagem do escoamento superficial a partir das características físicas de alguns solos do Uruguai. *Ciência Rural* 39 (jan-fev), pp. 74-81, 2009.
- [14] J. Y. C. dos Santos, C. A. G. Santos e R. M. Silva. Perdas de água e solo utilizando chuva simulada em diferentes coberturas superficiais e condições de umidade no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, n.4, 17, pp. 217-228, Outubro, 2012.
- [15] A. L. F. Alves. Efeitos de condicionadores do solo na erosão hídrica em áreas ardidas no nordeste do Portugal. Instituto Politécnico de Bragança, 2018.
- [16] A. Cavalli. Áreas ardidas e risco de erosão potencial em zonas de monstanha do NE de Portugal. Instituto Politécnico de Bragança, 2017.