



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão
Curso de Engenharia Ambiental



VANESSA KAUPKA

**ÍNDICE DE EROSIVIDADE PARA OS MUNICÍPIOS DE FRANCISCO
BELTRÃO E PATO BRANCO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2017

VANESSA KAUPKA

**ÍNDICE DE EROSIVIDADE PARA OS MUNICÍPIOS DE FRANCISCO
BELTRÃO E PATO BRANCO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Michelle Milanez França

Coorientadora: Prof^ª. Dra. Naimara Vieira do Prado

FRANCISCO BELTRÃO

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

**(Índice de erosividade para os municípios de Francisco Beltrão e
Pato Branco - PR)**

por

(Vanessa Kaupka)

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 14h30min, do dia 21 de novembro de 2017, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca Avaliadora:

(Denise Andréia Szymczak)
Coordenadora do Curso de Engenharia
Ambiental

(Prof. Dra. Michelle Milanez França)
Professor Orientador

(Prof. Dr. Hernan Vielmo)
Membro da Banca

(Profa. Dra. Naimara Vieira do Prado)
Professor Coorientador

(Denise Andréia Szymczak)
Professora do TCC2

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Ilário e Isabel, pelo amor, dedicação, apoio e incentivo nas horas difíceis.

Agradeço a minha irmã por ter paciência e compreensão nas minhas horas ausentes.

Agradeço a Prof^a Dr^a Michelle Milanez França, orientadora desse projeto, pela paciência, dedicação e instrução.

Agradeço a coorientadora Prof^a Dr^a Naimara Vieira do Prado, por ter se dedicado com muito empenho durante o projeto.

Agradeço ao Prof. Dr. Hernan Vielmo, por fazer parte da banca e pelas suas contribuições.

Agradeço ao Sistema Meteorológico do Paraná e ao Instituto Agrônomo do Paraná pelo fornecimento dos dados.

Agradeço aos meus avós, meus padrinhos o incentivo, apoio, as orações e estímulo para enfrentar a graduação.

Agradeço ao meu namorado pelo apoio e compreensão durante o projeto.

Agradeço aos professores que desempenharam com dedicação as aulas ministradas.

Agradeço aos amigos, companheiros de trabalhos que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida.

Agradeço à Deus, por ter me concedido saúde, força e disposição durante o curso.

RESUMO

KAUPKA, Vanessa.; **Índice de erosividade para os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco - PR.** 2017. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

A erosão é um processo natural, responsável pela perda da camada superficial do solo e consequente degradação do mesmo. Essa erosão pode acelerar-se pela ação antrópica que ocasiona problemas ambientais. A importância de conhecer o potencial erosivo das precipitações, em um período de tempo, contribui para práticas de manejo e conservação do solo. Isso, conseqüentemente, poderá diminuir as perdas de solo e aumentar a fertilidade do solo resultando no aumento da produção agrícola. Foi estudado o índice de erosividade da chuva no Estado do Paraná, no município de Francisco Beltrão com uma série pluviométrica de dados de 1974 a 2015 e para o município de Pato Branco durante o período de 1998 a 2016. O valor encontrado de erosividade total para Francisco Beltrão e Pato Branco foram 11674,6 e 11002,4 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ respectivamente. A época que mais apresentou potencial erosivo foram nas estações de primavera e verão, ressaltando o mês de outubro que contribuiu para a maior erosividade, sendo necessário cuidados extremos.

Palavras-chave: Perdas de solos. Precipitação. Erosão. Fator “R” da EUPS. Erosividade.

ABSTRACT

KAUPKA, Vanessa .; **Index of erosivity for the municipalities of Francisco Beltrão and Pato Branco – PR.** 2017. 43 p. Course Completion Work (Bachelor of Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

Erosion is a natural process, responsible for the loss of the soil surface layer and consequent degradation of the soil. This erosion can be accelerated by the anthropogenic action that causes environmental problems. The importance of knowing the erosive potential of rainfall over a period of time contributes to soil management and conservation practices. This, consequently, could reduce soil losses and increase soil fertility resulting in increased agricultural production. The rainfall erosivity index in the State of Paraná, in the municipality of Francisco Beltrão, was studied with a rainfall series of data from 1974 to 2015 and for the municipality of Pato Branco during the period 1998 to 2016. The value of total erosivity in Francisco Beltrão and in Pato Branco were 11674.6 and 11002.4 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ year⁻¹ respectively. The time that presented the most erosive potential was in the seasons of spring and summer, emphasizing the month of October that contributed to the greater erosivity, being necessary extreme.

Keywords: Soil loss. Precipitation. Erosion. "R" Factor of the EUPS. Erosivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa simplificado de solos do Estado do Paraná.....	13
Figura 2: Mapa com recorte da região sudoeste.....	13
Figura 3: Equipamento de medição pluviômetro.....	16
Figura 4: Equipamento de medição pluviógrafo.....	16
Figura 5: As oito regiões paranaenses com as respectivas equações de erosividade em MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹	20
Figura 6: Localização dos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco.....	21
Figura 7: Representação Gráfica da série histórica de precipitação pluviométrica acumulada para o município de Francisco Beltrão.....	26
Figura 8: Representação Gráfica da série histórica de precipitação pluviométrica acumulada para o município de Pato Branco.....	27
Figura 9: Representação Gráfica da série histórica de precipitação pluviométrica acumulada entre os anos de 1998 a 2015 para os municípios de Pato Branco e Francisco Beltrão.	27
Figura 10: Representação Gráfica da erosividade para os municípios de Pato Branco e Francisco Beltrão.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Precipitação e erosividade média mensal e anual para o município de Francisco Beltrão durante o período de 1974 a 2015.	28
Tabela 2: Precipitação e erosividade média mensal e anual para o município de Pato Branco durante o período de 1998 a 2016.	29
Tabela 3: Classes de erosividade	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1 SOLO.....	12
3.2 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	14
3.3 EROÇÃO	16
3.4 ERODIBILIDADE.....	17
3.5 EROSIVIDADE	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	22
4.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	24
5.2 EROSIVIDADE	28
6. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
APÊNDICE A – SOLICITAÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA DE DADOS DIÁRIOS DE PLUVIOSIDADE DOS MUNICÍPIOS DE FRANCISCO BELTRÃO E PATO BRANCO.....	40
APÊNDICE B – TERMO DE COMPROMISSO.....	41
APÊNDICE C – TABELA DE PRECIPITAÇÃO DE FRANCISCO BELTRÃO	42
APÊNDICE D – TABELA DE PRECIPITAÇÃO DE PATO BRANCO	43

1. INTRODUÇÃO

A erosão é um processo de movimento de solo, causada por fenômenos naturais, como precipitação e ventos ou ainda por ações antrópicas como utilização inadequada do solo na agricultura. A erosão tem causado problemas como deslizamento de terra em áreas urbanas e a diminuição da fertilidade do solo na camada superficial em áreas rurais.

O Brasil é um país de clima tropical, tendo na maior parte do território chuvas bem distribuídas durante o ano. Por isso a erosão hídrica, é a que mais ocorre no país. Dentre os principais problemas ambientais, pode-se considerar as perdas de solo, causadas por esse tipo de erosão, principalmente a hídrica. Estas perdas estão com níveis cada vez mais elevados, fazendo com que as propriedades químicas, físicas e biológicas desses solos diminuam ao longo do tempo. Preocupados com a degradação dos solos, a FAO instituiu o ano de 2015 como “Ano Internacional do Solo” a fim de despertar interesse da sociedade civil e gestores acerca da importância do solo para a humanidade.

Para estimar as perdas de solo, em 1954 foi desenvolvida a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Esta equação leva em consideração os fatores: erosividade das chuvas, erodibilidade do solo, comprimento e grau de declive do terreno, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas.

O potencial que a chuva tem em causar erosão é denominado como erosividade. Quando as partículas são desprendidas e transportadas do solo pela ação da chuva é calculado a erodibilidade, que acrescenta às características do relevo, declividade e a cobertura vegetal, sendo considerada uma das propriedades mais complexas no comportamento dos solos.

Pode-se ressaltar que a erosividade está relacionada com a capacidade que a chuva possui em desencadear processos erosivos, sendo que os fatores citados anteriormente na EUPS contribuem para a confirmação de resultados em campo, e contribuem para encontrar dados de erodibilidade.

A erosividade é obtida a partir de estudos de séries históricas oriundos de estações meteorológicas automáticas ou convencionais. Consistem de análise de dados pluviométricos ou pluviográficos. O pluviômetro é mais utilizado por ser simples de instalação e operação, seus registros são sempre fornecidos em

milímetros por dia. O pluviógrafo registra a intensidade de precipitação, sendo a variação da altura da chuva com o tempo, sua operação é mais complicada e o custo do aparelho alto, tornando seu uso restrito, embora seus resultados sejam mais adequados. Já a erodibilidade utiliza dados que podem ser obtidos no terreno, como o manejo empregado no local, cobertura do solo e a declividade do terreno.

Os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco são importantes produtores de grãos para a região do Sudoeste produzindo principalmente milho e soja (IPARDES, 2017). A produção intensiva da agricultura e também da pecuária contribuem significativamente para as perdas de solo, além de fatores importantes como a cobertura vegetal e a distribuição das chuvas, por esses municípios apresentarem elevado potencial erosivo é de grande importância calcular a erosividade.

A região é caracterizada, climaticamente, por apresentar chuvas bem distribuídas ao longo do ano contribuindo significativamente com a erosão, para verificar o potencial que as chuvas têm em causar erosão será calculado o índice de erosividade (fator R) para os dois municípios.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estimar o índice de erosividade do solo dos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar a série histórica de precipitação para os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco;

Determinar as erosividades mensais e total do período;

Avaliar os índices de erosividade nos municípios;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SOLO

O solo é visto de diferentes formas, como por exemplo, os geólogos entendem o solo como um ciclo geológico. Os químicos utilizam o solo para estudar os seus constituintes elementares, o engenheiro civil estuda a estabilidade do solo para a construção. O agricultor trabalha com o solo como um meio importante para o crescimento das plantas e o engenheiro ambiental atua na conservação e recuperação dos solos (LEPSCH, 2002).

O solo é constituído de material inconsolidado que cobre a superfície terrestre sendo considerado de grande importância, pois é um componente fundamental nos ecossistemas e dos ciclos naturais. É constituído por camadas físicas mineralógicas e biológicas, que são modificadas por ações climáticas ao longo dos anos (VIEIRA, 1983). Segundo Guerra et al., (2009) o solo apresenta influência nas propriedades físicas como a textura que interfere na coerência das partículas e a estrutura na coesão das partículas do solo, ambas influenciam na capacidade de infiltração e absorção de água.

A permeabilidade relaciona-se com a porosidade indicando a capacidade que a água tem de infiltrar no solo. A densidade do solo é o resultado da compactação do solo que diminui a porosidade tornando o solo mais erodível. As propriedades químicas, biológicas e mineralógicas influenciam no estado de agregação das partículas e estão diretamente ligadas a resistência do solo a erosão (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2009).

No estado do Paraná, os solos são representados pelo latossolo (30,76%), neossolos (22,22%), argissolos (15,53%) e nitossolos (15,18%), estas classes são as mais predominantes (BHERING; SANTOS, 2008). Nas figuras 1 e 2 são observados os tipos de solos no Paraná, no município de Francisco Beltrão a presença de nitossolo e latossolo, enquanto para o município de Pato Branco predomina-se o latossolo.

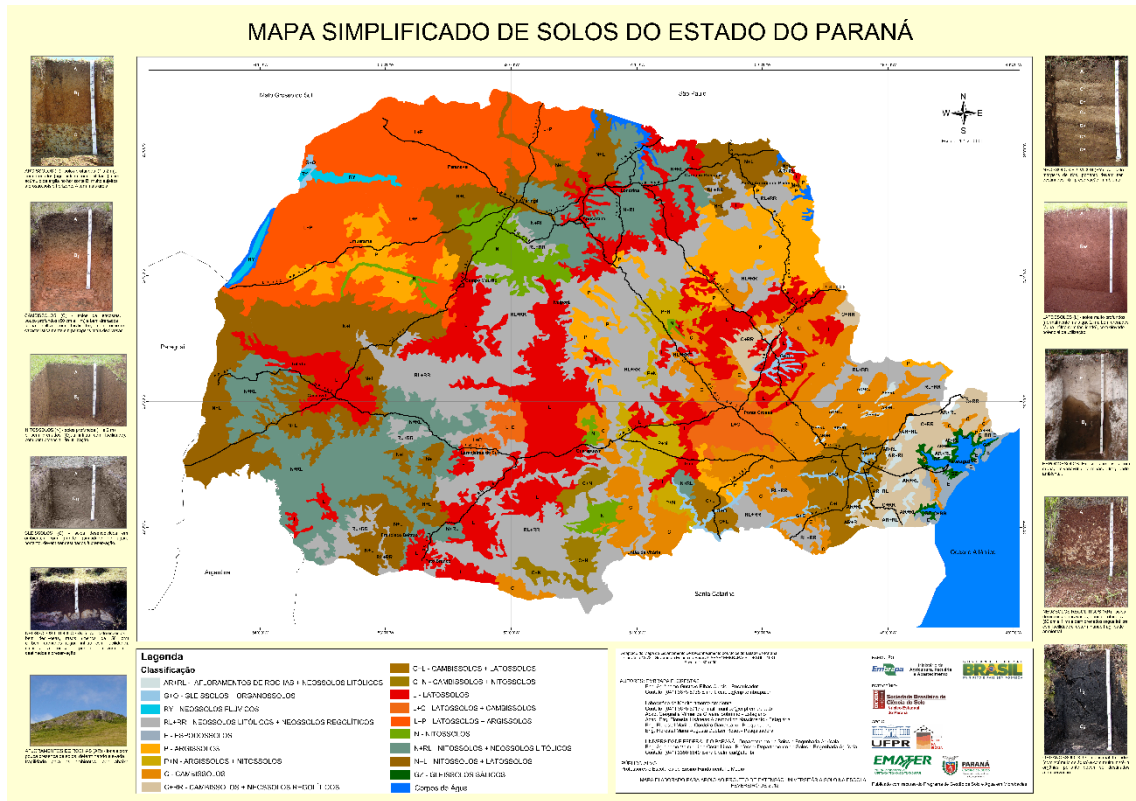


Figura 1: Mapa simplificado de solos do Estado do Paraná.

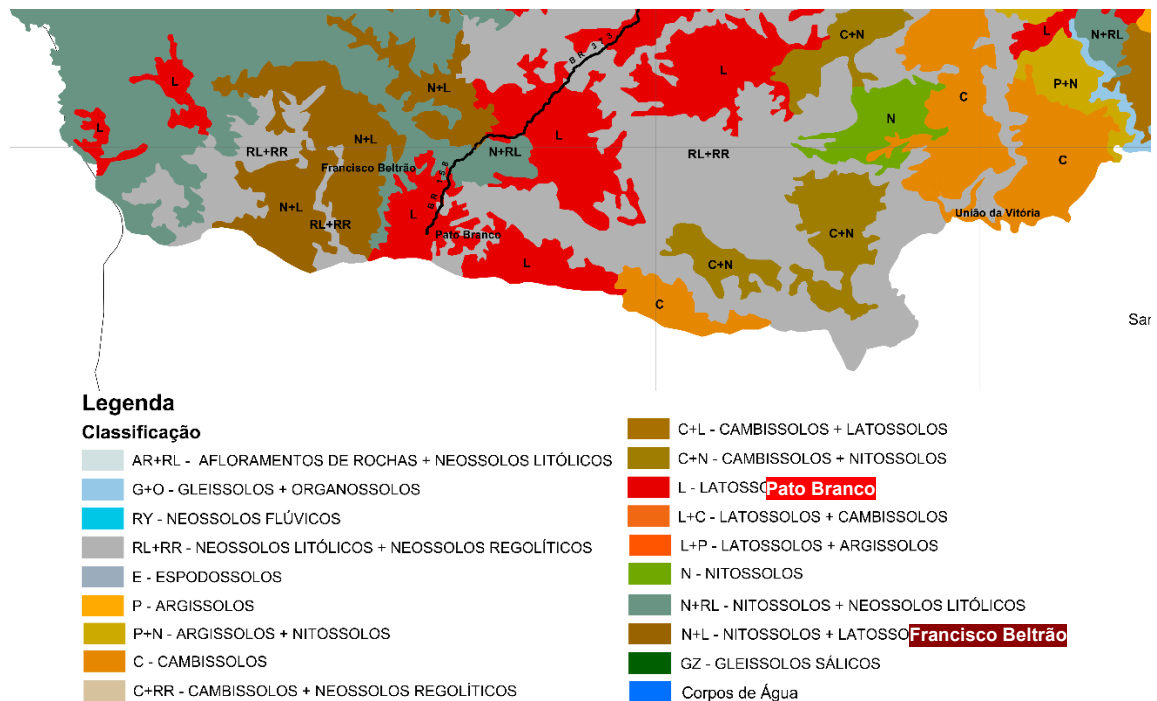


Figura 2: Mapa com recorte da região sudoeste.

A caracterização do solo é feita por meio de estudos dos perfis do solo e estes mudam de acordo com os fatores de formação do solo. O desenvolvimento dos solos é um processo dinâmico onde o primeiro estágio ocorre à alteração da rocha, incorporam-se em cima materiais de origem orgânica chamado de horizonte A, sobre este se depositam resíduos decompostos vegetais ou animais formando o horizonte O, no horizonte B são realizados os estudos de caracterização e o horizonte C ainda possui pedaços de rochas como consequência não é muito utilizado (SCHNEIDER; KLAMT; GIASSON ,2007)

3.2 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A precipitação pluviométrica é dada em milímetros e refere-se à altura da água coletada em um determinado equipamento (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2007). A chuva é o principal agente no processo de erosão hídrica, com isso é importante avaliar a resposta do solo as diferentes precipitações, tanto pela quantidade de chuva, como pela duração e característica do evento (CARVALHO, et al., 2009). A ocorrência e intensidade da chuva determinam o volume e a velocidade do escoamento superficial (MOREIRA, 2006).

O escoamento superficial está relacionado com o deslocamento das águas na superfície do solo. É dividido em dois tipos, o primeiro é o agroclimático onde o escoamento superficial cresce com o aumento da intensidade e a duração da precipitação. O segundo é o fisiográfico, que depende de fatores como o tipo de solo, topografia, rede de drenagem e obras hidráulicas (PRUSKI, 2003).

O volume total das perdas do solo por erosão é influenciado pela duração, intensidade e distribuição das chuvas. Quanto maior a perda por erosão mais intensa foi a chuva. Quando inicia a chuva com uma intensidade uniforme o solo consegue infiltrar a água, mas isso depende se está ou não saturado por água e qual a intensidade da chuva (BERTONI; PASTANI, 1964).

As chuvas são caracterizadas de acordo com sua origem. As chuvas frontais são resultado do encontro de duas grandes massas de ar diferentes de temperatura e umidade, apresentam longa duração e abrangem grandes áreas. As chuvas convectivas são causadas pelo aquecimento de pequenas massas de ar que juntas produzem chuvas de grande intensidade e curta duração e por fim as chuvas

orográficas ocasionadas pela elevação do ar úmido sobre o terreno elevado (AYOADE, 2002).

A precipitação interfere tanto no setor econômico como no meio ambiente, influenciando diretamente na qualidade e na quantidade da água, na capacidade de geração e distribuição de energia, na operação e dimensionamento dos reservatórios, no manejo das bacias hidrográficas, na produtividade e na conservação do solo (OLIVEIRA, 2014).

A determinação prévia da precipitação possibilita um planejamento melhor das atividades na agricultura, o conhecimento antecipado das condições da precipitação pluvial e sua variação ao longo de um período de tempo são determinantes para o sucesso nos cultivos (SILVA et al., 2007).

Os aparelhos utilizados para fazer a medição da precipitação são o pluviômetro (Figura 3) e o pluviógrafo (Figura 4). O pluviômetro mede a precipitação em milímetros, a altura da chuva que é a razão entre o volume inicial e a superfície do pluviômetro e pluviógrafo registra o total da chuva e a intensidade em mm/h (TORRES; MACHADO, 2008).

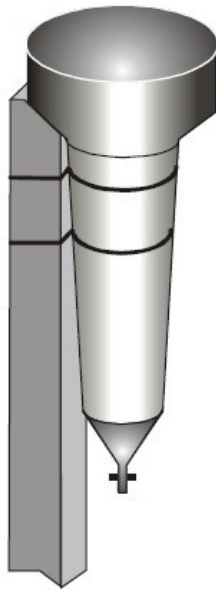


Figura 3: Equipamento de medição pluviômetro.
 Fonte: VAREJÃO – SILVA, 2006.

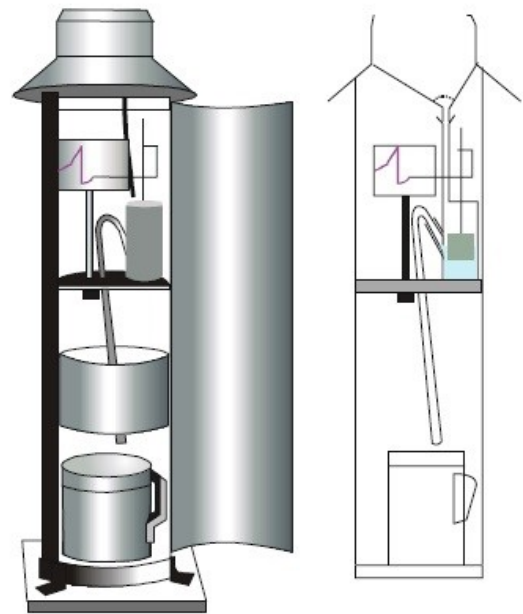


Figura 4: Equipamento de medição pluviógrafo.
 Fonte: VAREJÃO – SILVA, 2006.

3.3 EROSÃO

A erosão é considerada um fenômeno natural, mas devido interferências de cunho antrópico, este fenômeno tende a acelerar. Pode ser dividida em dois tipos, a erosão natural que é aquela que ocorre pela ação da natureza sem intervenção humana e a erosão acelerada que possui ação antrópica como aumento da população e aumento da produção agrícola. Esse aumento na produção ocasiona maiores alterações no meio ambiente como desmatamentos, queimadas, urbanização acelerada e conseqüentemente impermeabilização do solo (COUTO, 2015).

Em áreas sem vegetação e degradadas pela utilização de sistemas convencionas na produção de alimentos acabam por acelerar a erosão hídrica (REICHERT; CABEDA, 1992). De acordo com Guerra et al., (2009), o processo é iniciado através do *splash*, que é conhecido de erosão por salpicamento, ocorre quando as gotas de chuva entram em contato com o solo causando a ruptura dos agregados. Estes, são quebrados em partículas menores e essas partículas

preenchem a superfície do solo, provocando a selagem e diminuindo a porosidade e aumentando o escoamento das águas.

De acordo com Cassol (2007) a erosão hídrica é o resultado da capacidade da chuva em causar erosão e o solo em resistir. Essa erosão hídrica depende da distribuição da chuva, como por exemplo, chuvas intensas ou torrenciais causam maiores impactos para os solos, pois possuem uma carga maior de água em um curto período de tempo (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2009).

Quando a capacidade de infiltração é menor que a intensidade da chuva, ocorre à erosão laminar onde as partículas mais finas e mais férteis do solo são levadas para as partes mais baixas do terreno fazendo com que ocorra a compactação do solo e conseqüentemente diminuindo sua produtividade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Durante o processo erosivo, um fator atuante e de grande importância é o fator R, denominado erosividade da chuva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993). Enquanto outros fatores ficam constantes, este atua diretamente com a energia cinética da chuva e a intensidade em 30 minutos (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2009).

3.4 ERODIBILIDADE

A erodibilidade é um dos fatores importantes no estudo da erosão dos solos. É uma das propriedades que possui maior complexidade de estudo, pois contempla fatores físicos, químicos, biológicos e mineralógicos (BASTOS, 1999).

As propriedades que influenciam na erodibilidade são aquelas que irão afetar a permeabilidade, velocidade de infiltração e a capacidade de armazenamento e as que resistem as forças de dispersão, abrasão e transporte pela chuva e escoamento (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

De acordo com Bastos (1999) para determinar a erodibilidade é preciso realizar análises laboratoriais como permeabilidade, granulometria, plasticidade, estrutura, matéria orgânica e porosidade. Os fatores topográficos como a declividade e o comprimento de rampa, referentes à cobertura vegetal e as características do solo, são ferramentas importantes para a análise da erodibilidade (COUTO, 2015).

3.5 EROSIVIDADE

A erosividade é o potencial que a chuva tem em causar erosão (BAZZANO, 2007). É a função das características físicas da chuva como a quantidade, intensidade, diâmetro de gotas, velocidade terminal e energia cinética (MORETI; MANNIGEL; CARVALHO, 2003).

Basicamente, a erosividade da chuva depende da intensidade da ocorrência e da sua energia cinética que determinam o resultado erosivo das gotas de chuva sobre a superfície do solo (CABRAL, 2005). Estas estão demonstradas na EUPS, pois apresenta duas distinções: sua energia cinética total e sua intensidade máxima em trinta minutos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

Em 1954, nos Estados Unidos foi elaborada a EUPS, também conhecida como equação de Wischmeier e Smith (1978) a partir de estudos e aperfeiçoamento de vários modelos (BAZZANO, 2007). Esses aperfeiçoamentos incluíram na equação melhorias de importância significativa como o índice de erosão da chuva, um método que avalia o manejo de acordo com as condições climáticas, um fator quantitativo de erodibilidade e por fim um método que leva em conta os efeitos de interpolações de certas variáveis, como por exemplo, a sequência de culturas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

A EUPS é composta por fatores que são representados por letras, esses fatores são: perdas de solo (fator A), erosividade da chuva (fator R), erodibilidade do solo (fator K), fator topográfico (fator LS), índice de cobertura vegetal (fator C) e práticas conservacionistas (fator P), como mostrado na equação 1 (WISCHMEIER; SMITH, 1978). A EUPS é bastante utilizada porque possui o índice de erosividade do solo (fator R) que expressa o potencial da chuva de causar erosão do solo, que varia de região para região (BAZZANO, 2007).

Para caracterizar o fator R da EUPS é necessário o cálculo do índice de erosividade das chuvas (EI_{30}), este valor é obtido pela multiplicação de dois parâmetros específicos que são a energia cinética total da chuva (E) e intensidade máxima em 30 min (I_{30}). Com o resultado das chuvas individuais erosivas que ocorrem a cada mês, obtém-se o resultado do EI_{30} mensal e posteriormente somando obtemos o resultado EI_{30} anual. A média anual é determinada pela série histórica pluviográfica, que representa o fator "R" (SANTOS; MONTENEGRO, 2012).

Wischmeier e Smith (1978), elaboraram duas equações para encontrar valores da energia cinética (EC) expressa em Megajoule/hectare-milímetro de chuva (Equação 1), e aos valores de intensidade máxima em trinta minutos (I) (Equação 2), passíveis de serem calculados mediante as análises dos diagramas de pluviógrafos

$$Ec = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (1)$$

Em que:

Ec = energia cinética, em MJ/ha.mm de chuva;

I = intensidade de chuva, em mm/h;

$$EI_{30} = Ec \times I_{30} \quad (2)$$

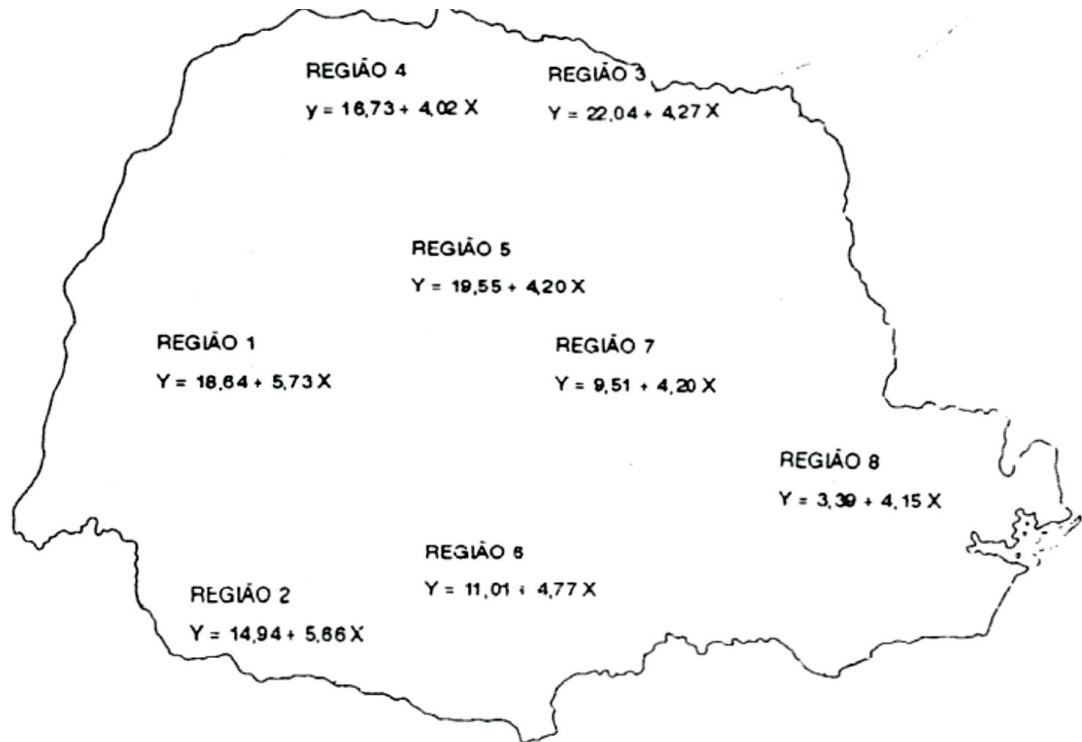
Em que:

EI₃₀= índice de erosão em MJ.mm/ha.h;

I₃₀ = intensidade máxima em 30 minutos, em mm/h;

O fator R para um longo período de tempo apresenta uma precisão de dados melhor na EUPS para uma média mensal do índice de erosão de um local do que para um período menor de tempo, utilizando somente os dados totais das precipitações. Em muitos locais os pluviógrafos são escassos ou inexistentes e as análises de energia cinética apresentavam-se muito trabalhosas. Assim alguns autores correlacionaram o índice de erosividade com os fatores climáticos, onde são fatores de fácil medida e que não necessitam de registros de intensidade de chuva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Waltrick et al., (2010) baseado em um estudo realizado por Rufino et al., (1993), fez atualizações e modificações na equação utilizando uma série histórica de dados de precipitação no período de 1986 a 2008. Rufino et al., (1993) dividiu o Estado do Paraná em 8 regiões, sendo oito equações lineares para cada região (Figura 5).



**Figura 5: As oito regiões paranaenses com as respectivas equações de erosividade (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹).
Fonte: Rufino et al., 1993**

Waltrick et al., (2010) atualizou essas equações para as regiões, onde os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco se encontram na região 2, juntamente aos municípios de Barracão, Coronel Vivida, Itapejara do Oeste, Mariópolis e Vitorino.

A equação modificada por Waltrick et al., (2010) para encontrar o índice de erosividade das chuvas é:

$$Y = 146,86 + 55,2 X \quad (3)$$

Em que:

Y = é uma variável dependente que resulta no índice mensal de erosividade das chuvas, e o somatório dos EI30 mensais ao longo de 12 meses resulta no EI30 anual em MJ.mm/ha.h.ano;

X = é uma variável independente e é calculado pela equação de Lombardi Neto (1977);

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco estão localizados na mesorregião Sudoeste do Estado do Paraná (Figura 6). Apresentam uma população de 78.943 e 72.370 habitantes e população estimada para 2016 de 87.491 e 79.869 habitantes respectivamente (IBGE, 2010). A área territorial de Francisco Beltrão é de 735,1 Km² e a de Pato Branco é 539,08 Km² (IBGE, 2015).

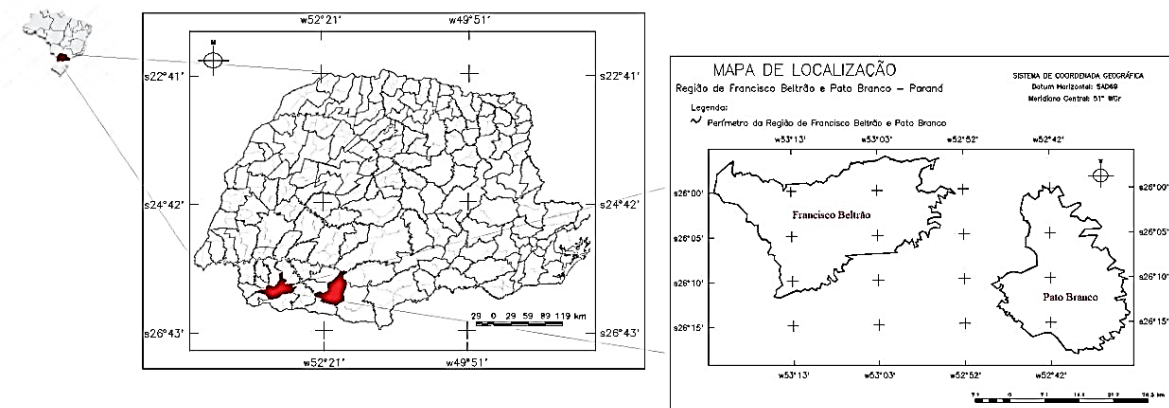


Figura 6: Localização dos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco.

A renda per capita anual do município de Francisco Beltrão é de R\$ 28.129 reais. Baseada na produção de grãos, em 2015 foram produzidos 53.000 toneladas de grãos de soja e 49.680 toneladas de milho. Na pecuária a produção foi de 49.389 bovinos, 600 equinos, 4.500 ovinos e 101.360 suínos (IPARDES, 2017a).

No município de Pato Branco, a renda per capita anual é de R\$ 35.758 reais e assim como o município de Francisco Beltrão, sua economia é baseada nas produções agropecuárias. Para *comodities* agrícolas, em 2015, a safra de soja foi de 96.617 toneladas e a de milho 49.400 toneladas. Na pecuária houve produção de 49.389 bovinos, 707 equinos, 3.642 ovinos e 5.552 suínos (IPARDES, 2017b).

Os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco possuem praticamente as mesmas classes de solo, variando a porcentagem de cada uma nos municípios. A classe de solo mais abrangente é o Latossolo que representa 31% dos solos do Estado do Paraná é um solo onde os processos morfoclimáticos atuam intensamente, em função disso apresentam horizonte B diagnóstico muito profundo

e pouca distinção visual entre os horizontes. Os Neossolos representam 22% e são caracterizados por serem solos novos, ou seja, ainda estão respondendo à sua pedogênese. Os Nitossolos representam cerca de 15% dos solos e são muito semelhantes à classe dos Argissolos, sendo que o que os diferencia é a inexistência de um horizonte B textural (BHERING; SANTOS, 2008).

O Estado do Paraná apresenta diferentes microclimas com regimes térmicos e pluviométricos distintos. Possui clima subtropical com invernos mais amenos ao Norte e mais severos ao Sul. O Sudoeste do Paraná está classificado como Clima subtropical (Cfa) segundo Köppen, com verões quentes e chuvas mais frequentes nessa estação, menor ocorrência de geadas e sem estação seca definida (IAPAR, 2017).

4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

As séries históricas de dados referentes à precipitação foi solicitada por meio de ofício (Apêndice A) acompanhado de um termo de compromisso (Apêndice B), enviados por e-mail, ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e ao Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). Solicitaram-se todos os dados de precipitação dos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco, a partir da década de 1970. Porém os dados recebidos, não abrangeram uma série histórica longa, uma vez que os dados enviados foram a partir do ano de 1974 para Francisco Beltrão e 1998 para Pato Branco.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Foram calculadas as erosividades médias mensais e total, baseados nos dados de precipitação recebidos do SIMEPAR para o município de Pato Branco e IAPAR para o município de Francisco Beltrão. As análises foram realizadas com o auxílio do software EXCEL (MICROSOFT, 2010).

A erosividade das chuvas foi estimada através da equação proposta por Waltrick et al., (2010) para os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco – PR, que realizou um refinamento das equações propostas por Rufino et al., (1993) que separou o estado em oito regiões.

Esta área de estudo, portanto, encontra-se na região 2. Como trabalhou-se com séries históricas de pluviômetros foi utilizada a equação 4 para estimar a erosividade, pois não há dados de intensidade para utilizar a equação padrão (1).

Existe, facilidade e confiabilidade em se trabalhar com dados de pluviógrafos, mas como ressaltado anteriormente, são escassos. Em função disso foi utilizada a equação 3 modificada por Waltrick et al., (2010) para encontrar a erosividade das chuvas. Essa equação foi obtida através de regressão linear entre o observado (pluviógrafo) e o estimado (pluviômetro).

A equação 3 possui uma variável independente que está relacionada com um fator climático, é uma variável independente, esta variável X é calculada a partir da equação de Lombardi Neto (1977) expressa por:

$$Rc = \frac{Pm^2}{Pa} \quad (4)$$

Em que:

Rc = coeficiente de relação da chuva;

Pm = \bar{X} de precipitação no período (mm);

Pa = $\sum \bar{X}_i$ soma da média no período (mm);

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Analisando a série histórica de precipitação, verificou-se que para o município de Francisco Beltrão entre o período de 1974 a 2015, a precipitação média foi de 2067,1 mm anuais, enquanto para o município de Pato Branco foi 1943,1 mm, sendo que para este, o intervalo foi de 1998 a 2016.

Em Francisco Beltrão os anos de maior precipitação foram 1983 e 1990, com total de chuvas de 3405,3 e 2949,4 mm respectivamente. Já os anos de menor precipitação foram 1978 e 1985 com total de chuvas de 1197,7 e 1335,8 mm (Apêndice C).

Já para Pato Branco os anos de 1998 e 2015, apresentaram maior precipitação com valores de 2911,4 e 2609,0 mm respectivamente. Já os anos de menor precipitação foram 2008 e 2006 com total de chuvas de 1295,2 e 1224,6 mm (Apêndice D).

De acordo com Ferreira (2007) nos anos de 1978 e 1985 menores índices de pluviosidade ocorreram para todas as regiões do estado do Paraná. Estes eventos estão relacionados aos fenômenos de La niña e El niño, cujas consequências são geralmente o aumento anormal das temperaturas e chuvas no Sul e Sudeste e secas severas no Nordeste, onde casos já registrados foram nos anos de 1982,1983,1997,1998, 2015 e 2016 (BERLATO; FONTANA, 2003; FERREIRA et al., 2017; IAPAR, 2015).

Os maiores índices de pluviometria para os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco tiveram influência dos fenômenos de La Niña e El Niño, dando ênfase para os anos de 1978, 1983, 1985, 1990 e 1998.

Para Francisco Beltrão observando-se as médias mensais indicadas, os meses de janeiro, maio e outubro apresentaram maior precipitação, com pluviosidade de 189, 185 e 263 mm. Enquanto os meses de menor precipitação foram março, julho e agosto, com médias de 138, 139 e 109 mm.

Já para o município de Pato Branco, os meses de janeiro, outubro e dezembro tiveram maiores precipitações com precipitação de 178, 228 e 184,4 mm, enquanto os meses com menor precipitação foram julho, agosto e novembro, apresentando 130, 96,8 e 152,6 mm.

De acordo com os dados encontrados por Waltrick et al., (2010) os meses que apresentaram maiores regimes de precipitação foram janeiro, maio e outubro, sendo o mês de agosto o de menor regime de precipitação principalmente nas regiões do sudoeste e oeste do estado. Analisando a série histórica de Francisco Beltrão, nesse mesmo período ocorreram os maiores regimes de precipitação.

Na região dos Campos Gerais em Ponta Grossa, observou-se que os anos de maiores precipitações foram 1983 e 1998, e o de menor precipitação foi o ano de 1985 (LEITE; ADACHESKI; FILHO, 2011). No município de Manuel Ribas no Estado do Paraná, Souza e Nery (2002) verificaram que os anos de 1982 a 1983 tiveram valores de precipitação significativamente maiores e com uma possível influência do fenômeno El Niño. O mesmo se pode afirmar em relação aos valores dos eventos La Niña, destacando-se o ano de 1985, apresentou valores de precipitação menores.

De acordo com Silveira (2016) houve uma enchente no mês de julho de 1983 no município de União da Vitória, mesorregião Sul do Estado do Paraná, marcando o início de um ciclo de cheias, com maior intensidade e menor período de tempo. Na bacia do médio Iguaçu, também se verificou a ocorrência de enchentes nos anos de 2010, 2013 e 2014. No município de Francisco Beltrão, no ano de 1983 como consta na Tabela 1, foi um ano atípico, porque apresentou uma elevada precipitação, conforme já comentado os anos de 2010, 2013 e 2014, apresentarem também elevada precipitação.

Na região Sul do país, no município de Blumenau – SC a elevada precipitação de Julho de 1983, trouxe grande destruição para a cidade. Em todo Estado de Santa Catarina, as consequências das enchentes foram significativas nesse período (FROTSCHER, 1997). No ano de 1983 no município de Juiz de Fora, no Estado de Minas Gerais apresentou elevada precipitação influenciada pelo fenômeno de El Niño, e no ano de 1999, recebeu o menor volume de chuva influenciado pelo fenômeno de La Niña (BORSATO; SOUZA FILHO, 2008). Assim, pode-se dizer que 1983, foi um ano atípico atingido não só a região Sul do Brasil, mas também a região Sudeste.

A linha imaginária do trópico de Capricórnio corta o Estado do Paraná, que apresenta clima tropical e subtropical. Este estado é caracterizado pela transição climática e apresenta duas estações, bem delimitadas: verão quente e úmido e inverno com temperatura moderada e reduzida pluviosidade (BORSATO; SOUZA FILHO, 2008). De acordo com Waltrick, et al., (2015) as frentes frias têm

características de diminuição de temperatura, aumento da pressão atmosférica e os ventos de sul, essas propriedades contribuem para a intensa e elevada precipitação na região sudoeste do Paraná.

Na Figura 7 é apresentado o comportamento das precipitações durante a série histórica estudada, para o município de Francisco Beltrão. Verifica-se que os anos com maiores picos de precipitação foram os anos de 1979, 1982, 1983, 1984, 1990, 1996, 1997, 1998, 2013, 2014 e 2015. E a precipitação pluviométrica mais baixa durante a série histórica, foi menor que 1400 mm nos anos de 1978, 1985 e 1988.

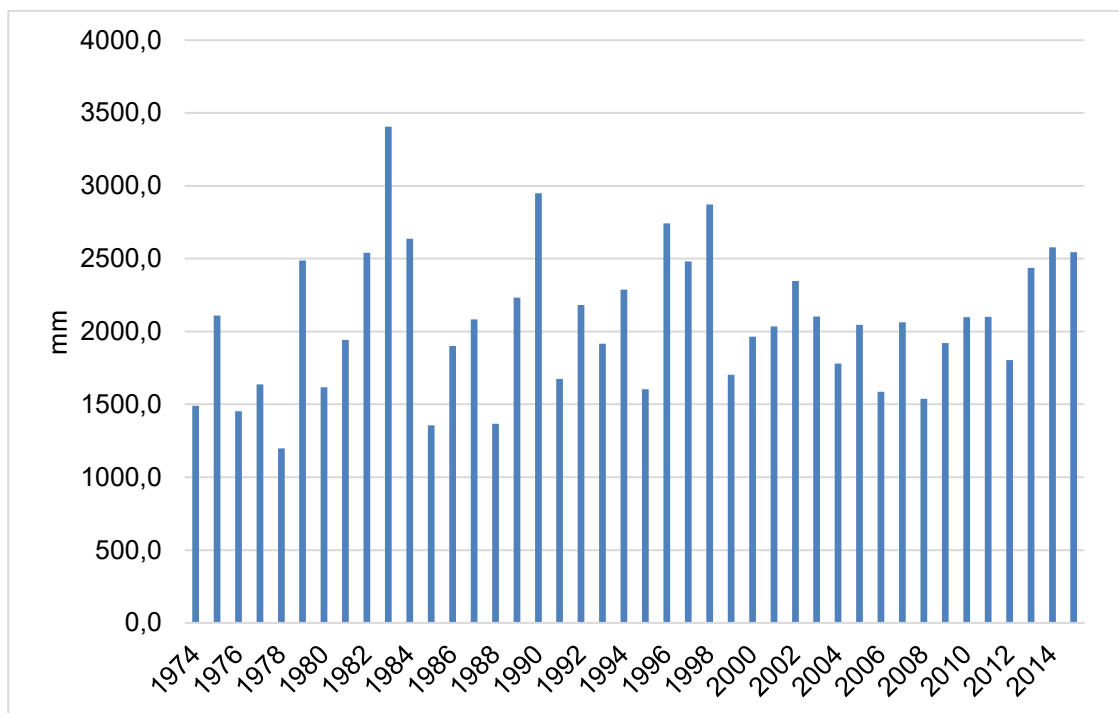


Figura 7: Representação Gráfica da série histórica de precipitação pluviométrica acumulada para o município de Francisco Beltrão.

Para os municípios de Pato Branco o comportamento da precipitação pluviométrica está representado na Figura 8. Observa-se que os anos com maior precipitação são 1998, 2013, 2014 e 2015, e os anos com menor precipitação concentraram-se em 2006 e 2008.

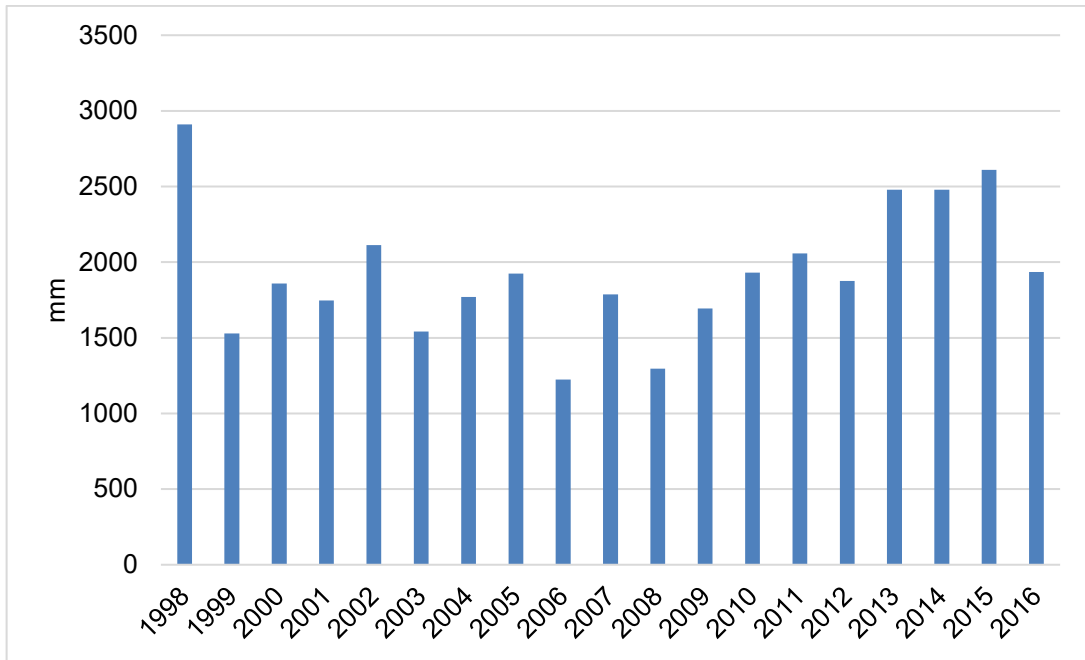


Figura 8: Representação Gráfica da série histórica de precipitação pluviométrica acumulada para o município de Pato Branco.

No próximo gráfico, são apresentados os mesmos dados, porém foram analisados junto, para observar o comportamento ao longo de um período de 1998 a 2015. Verificou-se que as chuvas variaram entre os anos de 2003 e 2006, nos outros anos as chuvas foram semelhantes (Figura 9).

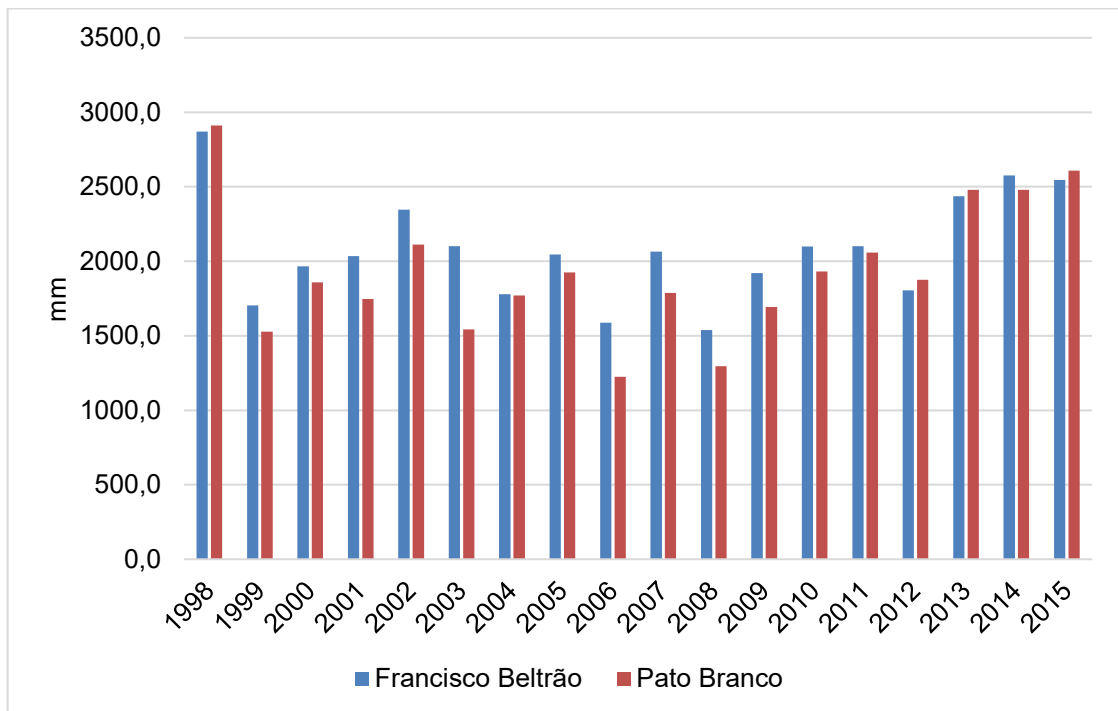


Figura 9: Representação Gráfica da série histórica de precipitação pluviométrica acumulada entre os anos de 1998 a 2015 para os municípios de Pato Branco e Francisco Beltrão.

5.2 EROSIVIDADE

A partir dos dados de precipitação, foi possível ajustar a equação de Waltrick et al., (2010) de forma a calcular a erosividade e o valor médio de erosividade para o município de Francisco Beltrão foi de 11674,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, no intervalo de tempo de 1974 a 2015 (Tabela 1).

Tabela 1: Precipitação e erosividade média mensal e anual para o município de Francisco Beltrão durante o período de 1974 a 2015.

	Precipitação Média Mensal (mm)	Erosividade Mensal (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹)
Janeiro	188,98	1100,57
Fevereiro	173,95	954,85
Março	138,81	661,37
Abril	168,67	906,54
Mai	185,87	1069,42
Junho	170,31	921,41
Julho	139,56	666,96
Agosto	109,79	468,73
Setembro	167,15	892,92
Outubro	263,52	2001,29
Novembro	185,33	1064,02
Dezembro	175,20	966,53
Total	2067,13	11674,62

A erosividade média anual para o município de Pato Branco foi obtida para o intervalo de 1998 a 2016 (Tabela 1), sendo o valor encontrado de 11002,4 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Observando a época do ano, para ambos os municípios, ressalta-se que ocorreu uma maior precipitação, resultando em uma maior erosividade, nas estações da Primavera e Verão.

Waltrick et al., (2010) realizou um levantamento para o Estado do Paraná, no município de Francisco Beltrão obteve uma erosividade de 11892 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e para Pato Branco 11857 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ com uma série histórica estudada de 22 anos no período de 1986 até 2008. Os dados encontrados por Waltrick et al., 2010 são semelhantes numericamente com os resultados encontrados no trabalho.

Um estudo realizado por Pasquatto (2016) para a bacia de captação do rio Barro Preto na cidade de Coronel Vivida – PR, também localizado na região 2,

encontrou uma erosividade média anual de 11573,47 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, considerando o período de 1986 a 2014.

Tabela 2: Precipitação e erosividade média mensal e anual para o município de Pato Branco durante o período de 1998 a 2016.

	Média Mensal (mm)	Erosividade Mensal (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹)
Janeiro	178,22	1049,19
Fevereiro	165,05	920,77
Março	165,58	925,72
Abril	167,81	946,85
Mai	155,21	831,23
Junho	155,67	835,26
Julho	130,55	631,01
Agosto	96,77	412,88
Setembro	163,03	901,94
Outubro	228,24	1626,78
Novembro	152,59	808,31
Dezembro	184,37	1112,51
Total	1943,09	11002,44

Analisando os resultados de erosividade para ambos os municípios, verifica-se que são municípios com erosividade muito forte, de acordo com a tabela de classes de erosividade (Tabela 3) (CARVALHO, 2008). De acordo com o levantamento realizado por Waltrick et al., (2015) a erosividade tende a aumentar no sentido oeste, a partir do primeiro Planalto, avançando para o Segundo e Terceiro, isso faz com que os municípios localizados no centro-sul, centro-ocidental, oeste e especialmente o Sudoeste tenha os maiores índices de erosividade, ou seja, apresentam erosividade forte a muito forte.

Tabela 3: Classes de erosividade

Erosividade (MJ mm (ha h)⁻¹)	Classe de erosividade
R < 2452	Erosividade fraca
2452 < R < 4905	Erosividade moderada
4905 < R < 7357	Erosividade moderada a forte
7357 < R < 9810	Erosividade forte
R > 9810	Erosividade muito forte

Fonte: Carvalho, 2008

Analisando os municípios de acordo com a erosividade mensal, com períodos de séries históricas diferentes, observa-se na figura 10 uma homogeneidade nos

resultados, ressalta-se então que mesmo para séries históricas diferentes os municípios acompanham um padrão característico.

De acordo com a figura 10, observa-se que os meses que tiveram diferenças significativas de erosividade numericamente, foram os meses de março, maio, outubro, novembro e dezembro, de toda a série histórica. Em outros estudos já realizados, localizados principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país verificou-se que os meses com maior erosividade foram de outubro a abril (BERTOL, 1993; VALVASSORI; BACK, 2014; ROQUE et al., 2001; COLONDRO et al., 2002; MORETI; MANNIGEL; CARVALHO, 2003; CASSOL et al., 2008).

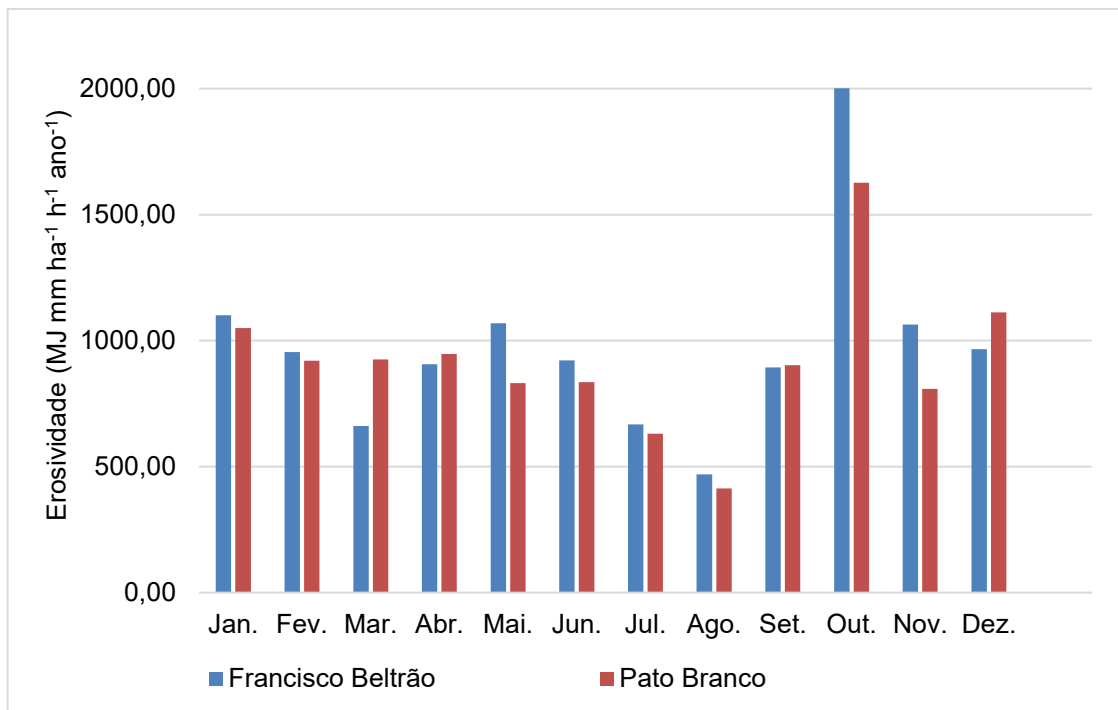


Figura 10: Representação Gráfica da erosividade para os municípios de Pato Branco e Francisco Beltrão.

Estudos sobre erosividade já são realizados no país, principalmente nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo. Observando esses estudos, no período de verão a erosividade encontrada é mais intensa, pois as chuvas são de pouca duração, mas com alta intensidade.

Na região Sul do país, no Estado do Rio Grande do Sul, foi estudada a erosividade nos seguintes municípios, Quaraí com 9292 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (PENALVA-BAZZANO et al., 2007), São Borja com erosividade de 9751 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (CASSOL et al., 2008), Uruguaiana com 8875 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (HICKMANN et al., 2008), Santa Maria apresentou 7866 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (COGO

et al., 2006) e Ijuí com erosividade de $8825 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (CASSOL, et al., 2007). Todos os estudos apresentados tiveram uma característica de erosividade forte ou muito forte de acordo com a tabela 3.

Já analisando o Estado de Santa Catarina, encontrou-se uma erosividade para o município de Lages de $5033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (SCHICK, 2014). No Estado de São Paulo no município de Piraju, foi encontrada uma erosividade de $7047 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (ROQUE et al., 2001), em Teodoro Sampaio de $7172 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (COLODRO et al., 2002), em São Manuel obtiveram-se uma erosividade $7487 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (MORETI et al., 2003), Pedrinhas Paulista $7670 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (MORETI; MANNIGEL; CARVALHO, 2003). Observa-se que essas localidades, tanto para o Estado de Santa Catarina como para o Estado de São Paulo, são caracterizadas por uma erosividade moderada muito forte.

Comparando os dados da região Sudoeste do Paraná, em que estes ficaram acima de $9000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, revelando que a região estudada é a mais afetada, pois possui uma média de $11000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, tendo destaque para o período de outubro a janeiro, como mais erosivo por possuir elevada precipitação.

6. CONCLUSÕES

Analisando os municípios com séries históricas diferentes, observou-se que os resultados são bastante próximos, possuindo assim características de erosividade forte. Em se tratando da época do ano, destaca-se a primavera e o verão com maior potencial de erosividade. Desta forma, seria interessante que os produtores rurais evitassem deixar o solo descoberto, evitando o cenário erosivo exposto acima.

Durante o mês de outubro, observou-se que ambos os municípios apresentaram elevada precipitação, resultando assim em um índice elevado de erosividade. Afirma-se então, que é um mês crítico, porque é nesse mês que o solo se encontra mais exposto, sendo necessário cuidados extremos, como o uso de técnicas adequadas de manejo e práticas conservacionistas para a conservação do solo e dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p.332

BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. 1999. 251f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1205-1217, 2007.

BERTOL, I. Índice de erosividade (EI_{30}) para Lages (SC) – 1ª Aproximação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v.28. n.4. p.515-521, abr.1993.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 110p., 2003.

BERTONI, J. J.; LOMBARDI NETO, F.; **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005, p. 248 – 267.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, 6ª ed, 2008.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone, 1993. 355p.

BERTONI, J.; PASTANI, F.I. **Relação chuvas- perdas por erosão em diferentes tipos de solo**. Boletim técnico do instituto agrônômico do estado de SP. Campinas, v.23. n.1. Janeiro de 1964.

BHERING, S.B; SANTOS, H. G. **Mapa dos solos do estado do Paraná: Legenda atualizada.** Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto agrônomo do Paraná, 2008.

BORSATO, V. A.; FILHO, E. E. S; A dinâmica atmosférica na vertente oriental da bacia do alto rio Paraná e a gênese das chuvas. **Acta Scientiarum. Technology.** Maringá, V. 30, n. 2, p. 221-229, 2008.

CABRAL, J.B.P.; BECEGATO, V.A.; SCOPEL, I.; LOPES, M. **Estudo da erosividade e espacialização dos dados com técnicas de geoprocessamento na carta topográfica de Morrinhos-Goiás/Brasil para o período de 1971 a 2000.** GeoFocus, 5:1-18, 2005.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática.** 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, p599, 2008.

CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S. ; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes praticas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** V.13, n.1, p. 3-9, 2009.

CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; DANIELA, M.; LEMOS, A. M.; LIMA, V. S.; BUENO, A. S.; Erosividade, padrões hidrológicos, período de Retorno e probabilidade de ocorrência das Chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira Ciência do solo.** v. 32. p. 1239-1251, 2008.

CASSOL, E. S.; MARTINS, D.; ELTZ, F. L. F.; LIMA, V.S.; BUENOS, A. C. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** v.15, p.220-231, 2007.

COGO, C. M.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade das Chuvas em Santa maria, RS, determinada pelo índice Ei30. **Revista Brasileira de Agrometeorologia.** Piracicaba, v. 14, n. 3, p. 309-317, 2006.

COLONDRO, G.; CARVALHO, M. P. ROQUE, C. G.; PRADO, E. M. Erosividade da chuva: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). **Revista Brasileira Ciência do solo**. v. 26. p. 809-818, 2002.

COUTO, B. O. C. **Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos**. 125f. Dissertação mestrado – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, Minas Gerais, 2015.

FERREIRA, M. E. **Estiagens no Estado do Paraná 1971 - 2004**. Dissertação. Curitiba, 2007.

FROTSCHERI, M.; Blumenau nas enchentes de 1983 e 1984 e o imaginário da "cidade do trabalho". **Revista Esboços**. V. 5. n. 5, 1997.

GUERRA, J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

HICKMANN, C.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; COGO, C. M. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. **Revista Brasileira Ciência do solo**. V. 32. p. 825- 831, 2008.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Classificação Climática**.

Disponível em:

<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 21. Maio 2017.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu**, Londrina, PR, p217, 2015.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Informações do municípios do Paraná**. 2010. Disponível em: <

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=41&search=parana> >. Acesso em: 20 abril. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Informações do municípios do Paraná**. 2015. Disponível em: <

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=41&search=parana> >. Acesso em: 20 abril. 2017.

IPARDES. INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. 2017 a. **Perfil municipal** Disponível em:

<http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?codlocal=139&btOk=ok
> Acesso em: 22 abr. 2017.

IPARDES. INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. 2017 b. **Perfil municipal** Disponível em:

<http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?codlocal=120&btOk=ok
> Acesso em: 22 abr. 2017.

LEITE, M. L.; ADACHESKI, P. A.; FILHO, J. S. V. Análise da frequência e da intensidade das chuvas em Ponta Grossa, Estado do Paraná, no período entre 1954 E 2001. Acta Scientiarum. Technology Maringá, V. 33, n. 1, p. 57-64, 2011.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação do solos**. São Paulo, 2002.

LOMBARDI NETO, F. **Erosividade das chuvas - sua distribuição e relacionamento com a perda de solo em Campinas, Brasil**. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53p.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D.; **Climatologia noções básicas e climas no Brasil**. Oficina de textos. São Paulo, 2007.

MICROSOFT. Microsoft Excel, versão 14.0.4760.1000. Microsoft Corporation, 2010.

MOREIRA, M. C.; CECÍLIO, R. A.; PINTO, F. A. C.; PRUSKI, F. F. Desenvolvimento e análise de uma rede neural artificial para estimativa da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.1069-1074. 2006.

MORETI, D.; MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P. **Fator erosividade da chuva para o município de Pedrinhas Paulista, Estado de São Paulo**. Acta Scientiarum: Agronomy, v.25, p.137-145, 2003.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira Ciência do solo**. V.27. p. 713-725, 2003.

OLIVEIRA, J. P. B. **Séries sintéticas de precipitação para estimar a erosividade das chuvas**. Tese– Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2014.

PASQUATTO, M. C. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água e no processo erosivo da bacia de captação do rio Barro Preto, Coronel Vivida (PR)**. Dissertação. Pato Branco, 2016.

PEÑALVA BAZZANO, M.G.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **Revista Brasileira Ciência do solo**. V. 31. p. 1205-1217, 2007.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V.S.; SILVA, D. D. **Escoamento Superficial**. Viçosa.UFV,2003.

REICHERT, J.M.; CABEDA, M.S.V. Salpico de partículas e selamento superficial em solos de Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Ciência do solo**. v. 16. p. 389-396,1992.

ROQUE, C. G.; CARVALHO, M. P.;PRADO, R. M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. . **Revista Brasileira Ciência do solo**. v. 25. p. 147-156, 2001.

RUFINO, R.L.; BISCAIA, R. C. M. & MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 17. p.439-444, 1993.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A. Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.16. n.18. p 871-880,2012.

SCHNEIDER, P.; KLAMT, E.; GIASSON, E. **Morfologia do solo**: subsídios para caracterização e interpretação de solos a campo. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72p.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; COGO, N. P.; GONZÁLEZ, A. P. Erosividade das chuvas de Lages, Santa Catarina. **Revista Brasileira Ciência do solo**. V.38. p. 1890-1905, 2014.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P. CURI, N. Índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia, GO. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v.32. n.10. p.977-985, out.1997.

SILVEIRA, L. L .L. **Elaboração de carta de susceptibilidade a erosão das bacias dos rios Araraquara e Cubatão – SP, escala 1:50.000**. Dissertação apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2002.

SILVEIRA, P. V. **Sob as águas do rio Iguaçu: uma análise dos impactos das enchentes sobre as coletividades do município de União da Vitória –PR**. Monografia. Curitiba, 2016.

SOUZA, P.; NERY, J. T. Análise da variabilidade anual e interanual da precipitação pluviométrica da região de Manuel Ribas, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**. Maringá, V. 24, n. 6, p. 1707-1713, 2002.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. Ed.Geographica, 2008.234p.

VALVASSORI, M. L.; BACK, A. J. Avaliação do potencial das chuvas em Urussanga, SC, no período de 1980 a 2012. **Revista Brasileira Ciência do solo**. v. 38. p. 1011-1019, 2014

VAREJÃO – SILVA, M.D. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife, 2006.

VIEIRA, L. S. **Manual de morfologia e classificação de solos**. Editora agronômica ceres Ltda. São Paulo. 2 edição.1983.

WALTRICK, P. C. **Erosividade de chuvas no Paraná: atualização, influência do “EL NIÑO” e “LA NIÑA” e estimativa para cenários climáticos futuros**. Dissertação. Curitiba, 2010.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados 1986 a 2008. **Revista Brasileira Ciência do solo**. V.39. p 256-267, 2015.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning**. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook Nº. 537. December, 1978.

APÊNDICE A – SOLICITAÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA DE DADOS DIÁRIOS DE PLUVIOSIDADE DOS MUNICÍPIOS DE FRANCISCO BELTRÃO E PATO BRANCO.



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Câmpus Francisco Beltrão
 Diretoria de Graduação e Educação Profissional
 Coordenação de Engenharia Ambiental

UTFPR **100** anos
 Tecnológica há mais de 100

Francisco Beltrão, 22 de março de 2017.

Ao Simepar
 Centro Politécnico da UFPR
 Curitiba - PR

Assunto: Solicitação da série histórica de dados diários de pluviosidade dos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco.

Considerando o curso de Engenharia Ambiental da UTFPR – Campus Francisco Beltrão, tem como objetivo formar profissionais capacitados para desenvolver suas atividades no decorrer da vida profissional e, tendo em vista o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso intitulado “Índice de erosividade para os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco”, sob autoria da discente Vanessa Kaupka e orientação da Prof.^a Dr.^a Michelle Milanez França, viemos através dessa, solicitar a série histórica dos dados diários de pluviosidade dos municípios acima citados, a partir da década de 1970.

Comprometemo-nos, também, a utilizar os dados e informações a que tivermos acesso, para fins estritamente científicos, não os repassando, em hipótese alguma, a quaisquer pessoas, sejam físicas ou jurídicas.

As informações podem ser enviadas para os seguintes endereços de e-mail: Vanessa Kaupka (vanessakaupka@hotmail.com) e Michelle Milanez França (michellem@utfpr.edu.br).

Por ser verdade, firmo a presente declaração.

Prof.^a Dra. Michelle Milanez
 Curso de Eng. Ambiental
 UTFPR - FB

Michelle Milanez França

Prof.^a Dr.^a Michelle Milanez França

Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental

APÊNDICE B – TERMO DE COMPROMISSO



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Câmpus Francisco Beltrão
 Diretoria de Graduação e Educação Profissional
 Departamento de Engenharia Ambiental



Termo de Compromisso

Através do presente Termo de Compromisso, a estudante concluinte do curso de Engenharia Ambiental, Vanessa Kaupka, e Prof.^a Dr.^a Michelle Milanez França, na qualidade de orientada e orientadora, comprometemo-nos, sob as penalidades da Lei no.9.279, de 14 de maio de 1996 (Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial), com as alterações introduzidas pela Lei no. 10.196, de 14 de fevereiro de 2001, a manter sigilo quanto ao teor de documentos, dados e informações obtidos do Simepar, visando a preservação dos direitos de propriedade intelectual e industrial.

Comprometemo-nos, também, a utilizar os dados e informações a que tivermos acesso, para fins estritamente científicos, não os repassando, em hipótese alguma, a quaisquer pessoas, sejam físicas ou jurídicas.

Estamos cientes de que, para a divulgação dos resultados obtidos com a utilização destes dados e informações, deveremos requisitar autorização escrita do Iapar, comprometendo-nos, desde já, a identificar a fonte dos dados e informações nas apresentações e/ou publicações dos resultados, repassando ao Simepar as pesquisas efetuadas.

Francisco Beltrão – PR, 22 de março de 2017.

Michelle Milanez França

Assinatura

Nome: Michelle Milanez França

RG: 19.858.399

CPF: 096291427-40

Endereço: Octaviano Teixeira dos Santos, número 1287, apartamento 33, Centro Francisco Beltrão - PR

Vanessa Kaupka

Assinatura

Nome: Vanessa Kaupka

RG: 10.821.952-1

CPF: 088.934.279-23

Endereço: Av. Luiz Antônio Faedo, número 46, apartamento 207, Centro, Francisco Beltrão - PR

Testemunhas:

Camilla Salati Guimwaldt

Assinatura

Nome: Camilla Salati Guimwaldt

Endereço: Avenida Prof. Dr. Guimwaldt Soares,

281, apto 203, Guilto Rui, Francisco Beltrão - PR

Tatiane Girardi

Nome: Tatiane Girardi

Endereço: Rua Pore' - 884, Bairro Industrial, Francisco Beltrão

APÊNDICE C – TABELA DE PRECIPITAÇÃO DE FRANCISCO BELTRÃO

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
mm													
1974	133,1	112,9	112,5	112,3	51,4	142,2	34	145,1	60,9	185,5	208,9	190,6	1489,4
1975	171,4	187,1	128,2	133,8	80,6	122,1	108	106,4	250,8	389,7	243,6	189,1	2110,8
1976	220,8	92	88,6	105,1	181	128,8	44,7	99,8	59,1	174	129,6	128,8	1452,3
1977	150,5	178,9	132,2	44,5	30,6	171,4	57,1	140,3	134,8	153,1	302,1	142,1	1637,6
1978	81,6	35,1	23,7	0,5	70,4	129,8	255,6	77,4	143,9	111	173,2	95,5	1197,7
1979	58,6	150,6	67,2	220,2	471,5	20,4	192,6	192,1	206,2	478,3	185,8	245,2	2488,7
1980	221,6	217,8	109,6	51,6	161,9	51	110,9	150,6	126	181,8	99,8	133,9	1616,5
1981	125,6	341,1	99,6	239,7	28	121,5	8,2	78,1	96,9	138,8	270,3	395,2	1943
1982	71,1	250,3	128,5	40,7	136,8	397,7	296,6	176,5	54	264,3	540,7	182,5	2539,7
1983	92,8	262,4	357,2	265,3	610,8	211,5	668,2	24,8	312,4	180,2	220	199,7	3405,3
1984	280,9	218,7	203,2	137,6	77,9	261,3	82,5	226,9	129,9	601,4	227	189,9	2637,2
1985	40,4	228,7	169,4	141,5	94,7	36,5	119,1	64,9	103,2	140,3	172,9	44,2	1355,8
1986	197,5	171,1	169,3	195,9	303,1	41,4	91,6	129,8	258,1	127,8	145,8	69,9	1901,3
1987	138,5	212,7	84,5	345,8	340,2	141	120,4	77,8	43,8	197,1	226,2	154,9	2082,9
1988	156,1	62,8	102,7	219,8	206,1	189,5	3,9	9,1	30,9	205,9	29,8	149,3	1365,9
1989	474,3	243	109,9	131,3	111,9	118,9	132,9	174,3	275,3	246,4	134,6	80,7	2233,5
1990	421,6	157,8	110,1	356,3	274,4	302,9	192,5	242,5	279,1	267,9	125,7	218,6	2949,4
1991	114,8	79,7	58,1	236,7	44	388,3	39,7	52,2	120	158,2	125,8	256,1	1673,6
1992	41,8	212,2	214	125,7	388,1	273,8	124	153,5	121,4	229,7	214,5	84,3	2183
1993	239,9	84,1	75,6	51	339,1	221,4	180,1	19,2	264,2	211,8	105	125,6	1917
1994	122	242,4	106,5	114,3	294,5	208,3	209,5	20,2	139,2	257,1	262,6	311	2287,6
1995	186,4	111,3	166,3	170,4	15,3	175,9	90,6	35,1	219,7	240,9	100,4	92,7	1605
1996	330,8	381,9	305,9	66,5	47,3	209,4	139,9	97,1	240,6	465,1	171,4	286,1	2742
1997	143,8	259	43	86,3	271,2	292,1	126	232,4	214	414	259,1	140,2	2481,1
1998	202,6	301,1	316,2	440,2	209,8	59,2	124,5	293,7	339,8	383,7	35,1	165,7	2871,6
1999	193	228,3	51,3	209,7	118,9	182,7	112,2	16,2	100,7	312	52,3	126,6	1703,9
2000	210,1	227,6	164,5	138	124,5	114,6	112,3	113,9	223,2	294,9	127	114,8	1965,4
2001	197,6	238,3	143,1	249,4	125,7	147,4	137,5	52,9	205,8	199,8	198,6	138,4	2034,5
2002	282,5	61,4	87	71,5	346,7	76,1	82	142	169,1	410,6	366,2	251,1	2346,2
2003	163,5	280,1	126,9	98,2	122,8	106,9	78,4	43,3	135,1	230,5	447,9	268,6	2102,2
2004	179,3	32,9	132,5	96,9	239,6	136	164,5	45,7	122,5	363,2	186,8	79,2	1779,1
2005	170,1	9,8	62,1	219,9	343,1	291,8	118,3	125,6	246,1	388,8	47,1	23	2045,7
2006	167,1	63,5	205,6	149,2	21,8	75,1	80,7	116,6	156,2	187,7	116,6	247,5	1587,6
2007	317,2	193	50,4	321,6	268,3	20,2	159,9	29	50,3	202,1	290	162,3	2064,3
2008	105,1	73,3	50,3	276,4	74,3	172,1	50,9	113,6	124,2	295,9	135,8	65,7	1537,6
2009	219,3	60,8	57,8	63,8	239,4	113	158,4	113,5	242	403,2	126,9	122,3	1920,4
2010	258,5	112,6	237,3	391,4	180,2	69,9	120,4	52,3	45,5	247,6	83,1	300,4	2099,2
2011	289,4	181,4	96	119,2	19	119,4	244,1	348,8	199,7	295,3	128	60,4	2100,7
2012	124,2	274,4	60,3	321,1	70,3	149	121,4	0,9	69,7	259,1	40,7	313,5	1804,6
2013	183,9	246,4	354,6	133,8	137,6	380,6	93,4	146,8	210,6	224,7	130,2	194,9	2437,5
2014	201	98,4	291,9	134	290,9	436,4	149,9	51,4	361	182,3	224,4	155,5	2577,1
2015	257	128,9	176,3	56,9	242,9	145,5	324,1	78,8	134,3	166,3	372,2	462,4	2545,6
Média	189,0	173,9	138,8	168,7	185,9	170,3	139,6	109,8	167,1	263,5	185,3	175,2	2067,1

APÊNDICE D – TABELA DE PRECIPITAÇÃO DE PATO BRANCO

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
						mm							
1998	219,0	234,4	384,0	369,8	170,8	153,4	126,2	301,0	321,6	347,4	44,0	239,8	2911,4
1999	157,6	133,4	89,2	167,2	118,8	177,0	116,0	6,0	88,2	170,8	79,0	224,8	1528,0
2000	136,6	165,0	136,6	126,4	108,2	115,6	127,0	113,2	251,8	293,0	131,6	154,4	1859,4
2001	178,6	254,6	100,8	109,2	132,8	175,8	140,0	67,8	164,8	155,6	195,8	71,2	1747,0
2002	208,6	51,6	139,0	75,8	293,2	73,0	95,4	110,8	199,4	352,2	320,6	192,6	2112,2
2003	95,8	191,0	125,0	87,0	79,8	133,2	75,6	40,4	97,2	189,8	184,6	242,8	1542,2
2004	136,6	63,0	53,2	136,4	204,6	115,4	178,4	41,8	104,4	354,4	278,4	103,4	1770,0
2005	166,8	28,0	57,4	167,4	272,0	225,2	124,8	160,8	245,0	371,8	77,8	28,0	1925,0
2006	217,6	43,2	113,8	100,8	42,6	61,6	74,0	129,4	124,6	122,6	102,2	92,2	1224,6
2007	218,8	156,8	109,0	338,6	262,8	20,6	133,2	24,6	31,0	146,8	212,2	132,8	1787,2
2008	65,4	148,0	62,0	194,6	68,8		51,4	137,8	114,2	247,0	140,0	66,0	1295,2
2009	122,4	79,0	137,0	72,6	141,8	71,0	155,4	134,6	279,4	263,2	105,0	131,6	1693,0
2010	180,8	157,0	123,0	384,2	185,8	87,4	119,2	49,0	30,8	201,4	106,0	306,0	1930,6
2011	322,0	271,2	352,6	72,8	20,0	159,6	205,2	64,2	169,8	248,4	127,8	44,6	2058,2
2012	167,2	291,0	44,2	306,2	66,2	199,0	122,6	1,6	71,6	251,0	61,4	294,8	1876,8
2013	176,2	227,6	361,4	114,2	267,0	417,2	72,8	149,6	207,4	133,4	97,6	255,4	2479,8
2014	214,2	154,4	319,8	225,0	110,2	367,4	136,2	51,6	361,2	74,0	227,0	238,4	2479,4
2015	236,0	215,8	196,8	50,2	220,0	167,8	339,0	77,8	154,8	208,0	294,0	448,8	2609,0
2016	166,0	271,0	241,2	90,0	183,6	81,8	88,0	176,6	80,4	205,8	114,2	235,4	1934,0
Média	178,2	165,1	165,6	167,8	155,2	155,7	130,5	96,8	163,0	228,2	152,6	184,4	1943,1