

## **Análise da Fragilidade Ambiental e das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo, Município de Aquidauana-MS**

*Analysis of Environmental Fragility and Permanent Preservation Areas of Watershed Stream Fundo, County of Aquidauana-MS*

*Leandro Félix da Silva*

Mestrando em Geografia pela UFMS, Brasil  
[felixhc.le@hotmail.com](mailto:felixhc.le@hotmail.com)

*Vitor Matheus Bacani*

Professor Adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
[vitor.bacani@ufms.br](mailto:vitor.bacani@ufms.br)

### **Resumo**

A bacia hidrográfica do córrego Fundo está localizada no município de Aquidauana, no Estado do Mato Grosso do Sul e drena terrenos do Planalto de Maracaju/Campo Grande em direção a depressão do rio Aquidauana. A principal atividade produtiva desenvolvida na bacia é a pecuária extensiva e silvicultura nas áreas de planalto, que estão cada vez mais sendo introduzidas, levando a um aumento no desmatamento da vegetação nativa. Este estudo teve como objetivo analisar os diferentes níveis de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica e espacializar a legislação ambiental de acordo com o novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012). Os procedimentos adotados fundamentaram-se nas propostas de Ross (1994) e Crepani et al. (2001), com o uso de geotecnologias. Os resultados apontaram que as áreas de APP, não estão sendo preservadas. A análise da fragilidade ambiental revelou que a baixa vulnerabilidade representa 34,46 % da bacia, e a maior parte se encontra em nível médio (39,21%), seguida por alta (25,74%) e muito alta (0,59%). O uso da terra reduziu as áreas de baixa fragilidade potencial e ampliou as de alta, além do avanço sobre as áreas de APPs, o que vem favorecendo ao aumento da instabilidade ambiental.

**Palavras-chave:** fragilidade ambiental, bacia hidrográfica, áreas de preservação permanente e geotecnologias.

### **Abstract**

The Fundo stream watershed is located in the municipality of Aquidauana, in Mato Grosso do Sul state and drains grounds of Plateau Maracaju/Campo Grande toward depression river Aquidauana. The main productive activity developed in the basin is extensive cattle ranching and forestry in plateau areas, which are increasingly being introduced, leading to an increase in deforestation of native vegetation. This study aimed to analyze the different levels of environmental fragility of watershed and spatialise environmental legislation in accordance with the new Brazilian Forest Code (BRASIL, 2012). The procedures adopted to substantiate the proposed Ross (1994) and Crepani et al. (2001), using geotechnologies. The results showed that the areas of APP, are not being preserved. The analysis of the environmental fragility revealed that the low vulnerability represents 34.46% of the basin, and the majority is at medium level (39.21%), followed by high (25.74%) and very high (0.59 %). Land use has reduced areas of low potential fragility and has increased the high areas, in addition to advancing over the areas of APPs, which has favored an increase in environmental instability.

**Keywords:** environmental fragility, watershed, area of permanent preservation and geotechnologies.

## 1. INTRODUÇÃO

Os estudos relativos à fragilidade dos ambientes são de extrema importância para o planejamento ambiental. A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território (SPÖRL, 2004).

O diagnóstico das potencialidades dos recursos naturais inicia-se com levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte a vida animal e do homem. Para a análise da fragilidade, é fundamental o caráter integrador do conhecimento individualizado, a partir do princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas (ROSS, 1994).

O mapeamento da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas passa inicialmente pelo diagnóstico da fragilidade potencial que visa retratar as variáveis do meio físico-natural, tais como: solo, relevo (declividade), clima (intensidade pluviométrica) e a riqueza da biodiversidade, que após combinadas com o mapeamento do uso atual da terra e cobertura vegetal refletem a fragilidade emergente ou ambiental (BACANI et al., 2015).

A bacia hidrográfica corresponde a um sistema biofísico e socioeconômico, integrado e interdependente, contemplando atividades agrícolas, industriais, comunicações, serviços, facilidades recreacionais, formações vegetais, nascentes, córregos e riachos, lagoas e represas, enfim todos os habitats e unidades da paisagem. Seus limites são estabelecidos topograficamente pela linha que une os pontos de maior altitude e que definem os divisores de água entre uma bacia e outra adjacente (ESPÍNDOLA, 2000). A bacia do córrego Fundo localizada no município de Aquidauana, drena terrenos do Planalto de Maracaju/Campo Grande em direção a depressão do rio Aquidauana, abrange 14 propriedades que utilizam suas águas superficiais e subterrâneas para o abastecimento domiciliar e para atividades produtivas, com destaque para o predomínio da pecuária extensiva bovina para engorda de gado corte (PINTO et al., 2007).

Neste contexto é importante o conhecimento das formas atuais de uso da terra ocorrentes na região de interesse, o seu monitoramento e o registro das informações que permitirão a avaliação das potencialidades futuras e dos impactos produzidos por estes usos. Isso torna possível ao gestor obter informações básicas para o manejo dos recursos naturais, de forma a minimizar estes impactos, sem acarretar em prejuízos econômico e/ou social (PADILHA, 2008).

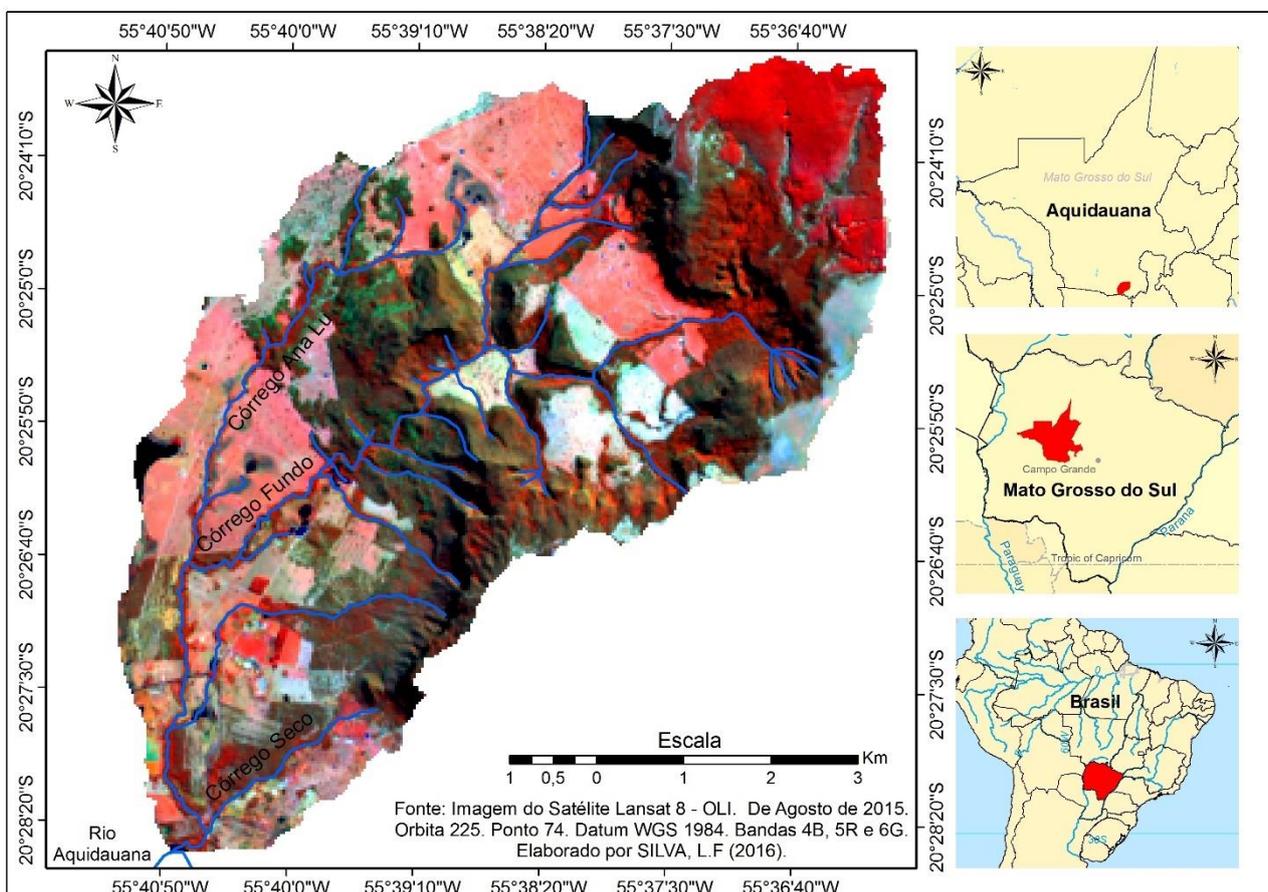
Esta pesquisa teve por objetivo analisar os diferentes níveis de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Fundo e espacializar a legislação ambiental de acordo com novo Código

Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), por meio de uma adaptação metodológica das propostas de Ross (1994) e Crepani et al., (2001), através do uso de geotecnologias.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Área de estudo é a bacia hidrográfica do córrego Fundo, localizada na região sudeste do município de Aquidauana, entre as latitudes 20° 23' 00" e 20° 28' 00" (S) e longitudes 55° 36' 30" e 55° 41' 00" (W), que é também um afluente do rio Aquidauana, com uma área de aproximadamente 4.699 (ha) hectares (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi feita a vetorização da rede de drenagem a partir de interpretação visual das imagens do *Google Earth* e imagens do radar SRTM (TOPODATA, 2008), o que permitiu a identificação da rede drenagem. Na sequência, para a delimitação da bacia hidrográfica, foram

utilizados a rede de drenagem e imagens do radar SRTM, no *software Global Mapper 13*, por meio da ferramenta *Generate Watershed*, no qual foi gerado a delimitação da bacia hidrográfica, que foi ajustada e finalizada com a carta topográfica folha SF.21-X-AIII - Aquidauana do Serviço Geográfico do Exército (DSG, 1966) na escala de 1:100.000.

Em seguida foram elaborados os seguintes materiais cartográficos: Mapa de Declividade, Solos, Intensidade Pluviométrica, Área Prioritárias para Conservação, Fragilidade Potencial e Uso da Terra e Cobertura Vegetal.

A Modelagem Digital do Terreno (MDT) consiste em uma das principais técnicas computacionais utilizadas para a geração de cartas como a declividade do terreno. A modelagem digital de terreno foi elaborada a partir da imagem do radar SRTM com uma resolução original de 90 metros interpoladas pelo método de *krigagem* para 30 metros (VALERIANO, 2008), do qual originou o Modelo de Grade Regular Retangular (MGRR) de onde foi extraído o Modelo Tridimensional do Relevo (Figura 2) conforme procedimentos descritos em (CÂMARA et al., 2007).

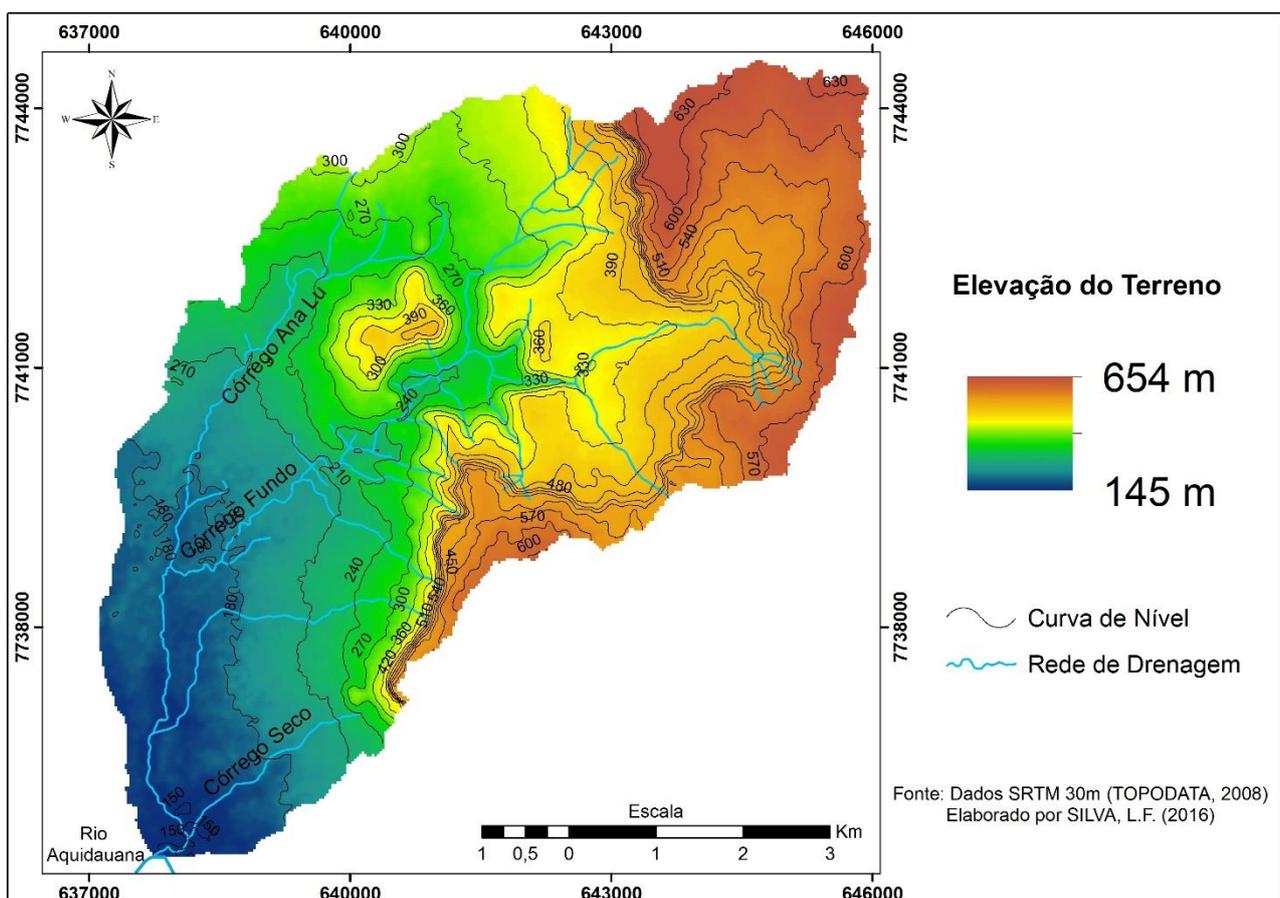
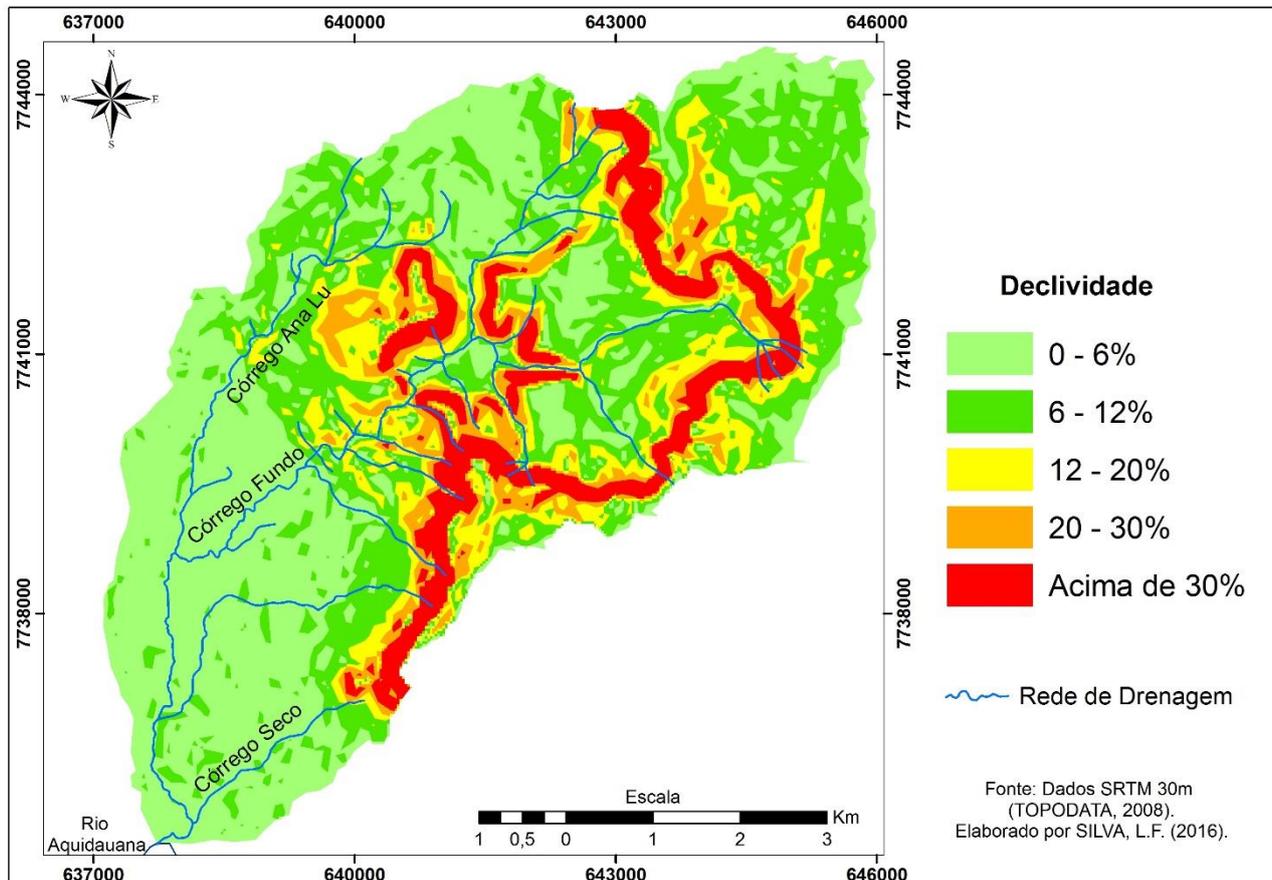


Figura 2. Modelo tridimensional do relevo da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

A declividade do terreno representa o ângulo de inclinação da superfície local em relação ao plano horizontal, baseado principalmente no Modelo Tridimensional do Relevo o que deu origem ao mapa de declividade (Figura 3).



**Figura 3.** Mapa de declividade da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

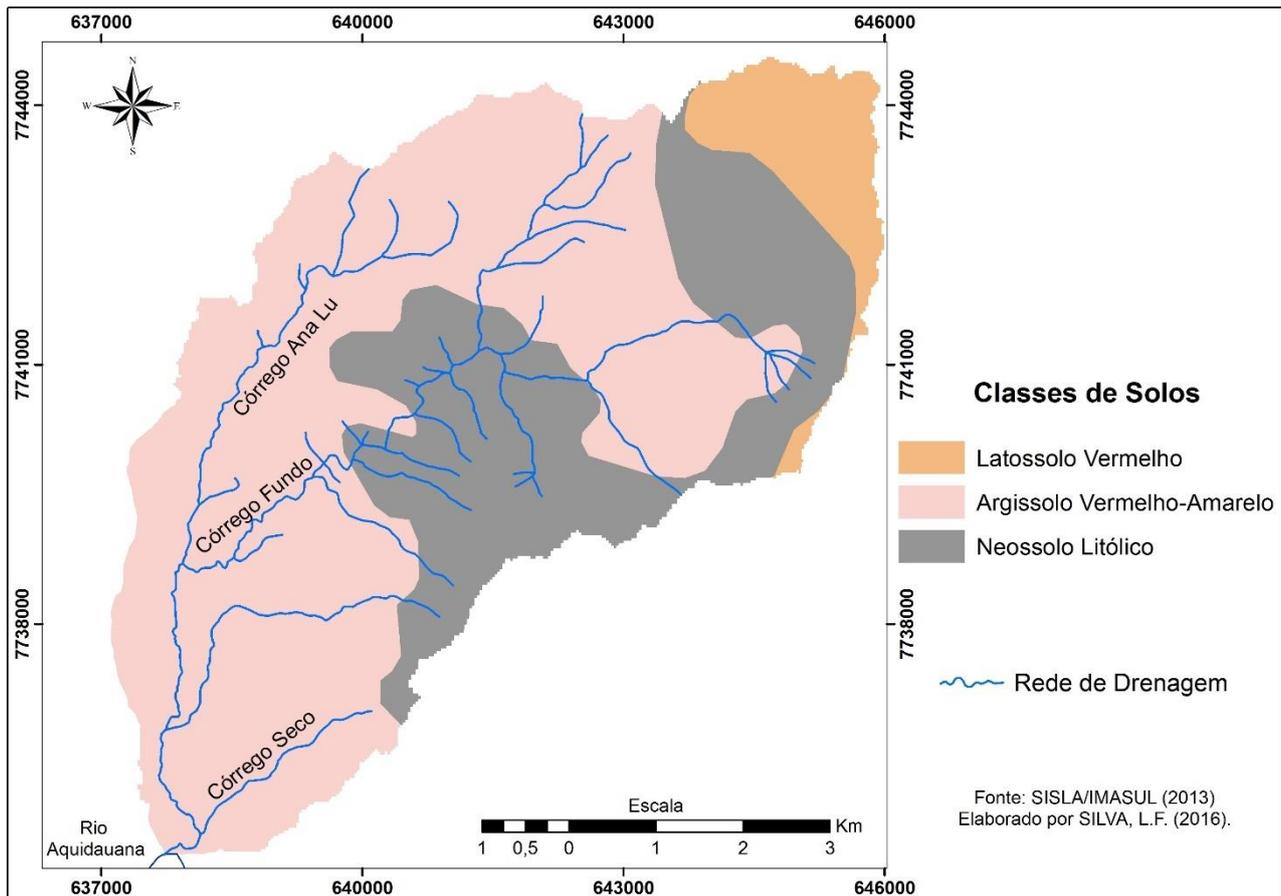
O fatiamento dos intervalos foi elaborado de acordo com os intervalos de fragilidade estabelecidos por Ross (1994), que correlacionam classes de declividades e seus respectivos níveis de fragilidade conforme, a Tabela 1.

**Tabela 1.** Classes de declividade.

Classes de declividade	Níveis de Fragilidade	Peso
0% a 6%	Muito Baixa	1
6% a 12%	Baixa	2
12% a 20%	Média	3
20% a 30%	Alta	4
Acima de 30%	Muito Alta	5

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994).

Segundo SISLA/IMASUL (2013), os tipos de solos predominantes na região da bacia são: Latossolo Vermelho com textura muito argilosa ocupando as bordas da bacia entre as porções nordeste a sudeste; O Argissolo Vermelho-Amarelo com textura média e predominante nas porções norte, sul e no leste; O Neossolo Litólico com textura média ocupando a porção central e nordeste da bacia, conforme a Figura 4.



**Figura 4.** Mapa de solos da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

As unidades pedológicas utilizadas foram extraídas do banco de dados do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA) com base no levantamento de solos elaborado pelo Macrozoneamento desenvolvido no estado de Mato Grosso do Sul, (disponível em <http://sisla.imasul.ms.gov.br/sisla>). A identificação da nomenclatura de cada classe foi realizada através do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013). Cada classe de solo foi relacionada a seus respectivos graus de fragilidade, conforme demonstra a Tabela 2.

Os dados pluviométricos foram extraídos a partir de médias anuais da Agência Nacional de Águas (ANA) de 06 estações pluviométricas (disponível em <http://www.cpa0.embrapa.br/clima/>) representadas na Tabela 3, entre os anos de 1970 e 2007 (EMBRAPA, 2014).

**Tabela 2.** Classes de solo.

Classes de Solo	Níveis de Fragilidade	Peso
Latossolo Vermelho - text. argilosa	Muito Baixa	1
Argissolo Vermelho-Amarelo – text. média	Média	3
Neossolo Litólico – text. média	Muito Alta	5

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994).

**Tabela 3.** Distribuição espacial das estações pluviométricas.

Município	Estação	Localização
Aquidauana	Cipolândia	s 20°07'37", w 55°23'34"
Aquidauana	Fazenda Iguacu	s 19°56'35", w 55°47'32"
Aquidauana	Taboco	s 20°04'13", w 55°38'39"
Anastácio	Estrada MT-738	s 20°45'44", w 56°05'28"
Dois Irmãos do Buriti	Fazenda Lajeado	s 20°17'29", w 55°26'04"
Miranda	Miranda	s 20°14'29", w 56°22'06"

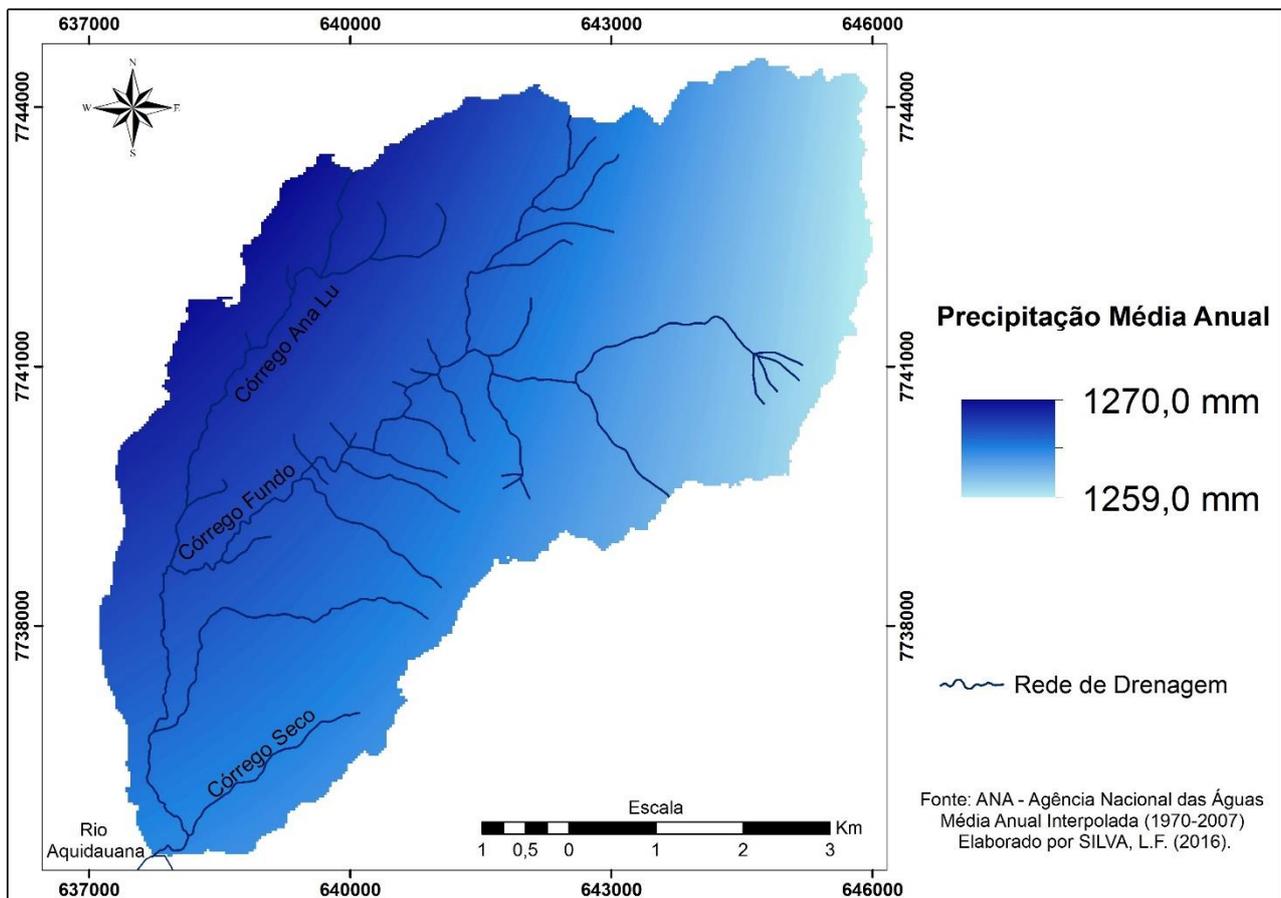
Os valores obtidos de intensidades pluviométricas foram calculados com base na metodologia de Crepani et al. (2001), e a representação da precipitação média anual (Figura 5) pelo o método de interpolação denominado IDW (*Inverse Distance Weighted*), que é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas. A interpolação feita pelo IDW supõe explicitamente que as feições mais próximas são mais semelhantes do que as mais separadas (BURROUCH; McDONNELL, 1998).

Através da relação entre a precipitação média anual (PMA) e duração do período chuvoso (DPC) é obtida a intensidade pluviométrica (IP), Equação 1 (CREPANI et al., 2001).

$$PMA/DPC = IP \quad (\text{Eq.1})$$

A intensidade pluviométrica encontrada para bacia hidrográfica a partir dos dados interpolados das estações meteorológicas e a aplicação da Equação 1, foi de 181,4 mm.

Na sequência foi elaborada uma adaptação metodológica desta variável, com intuito de identificar o grau de fragilidade e o peso a ser estabelecido, com base numa regra de três simples, entre valor de intensidade pluviométrica, o valor máximo de vulnerabilidade à perda de solo (CREPANI et al., 2001) e o grau máximo de fragilidade definido por Ross (1994). O resultado obtido permitiu estabelecer o nível de fragilidade (médio) e atribuição do peso (3) a variável, conforme demonstra a tabela 4.



**Figura 5.** Mapa da precipitação média anual da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

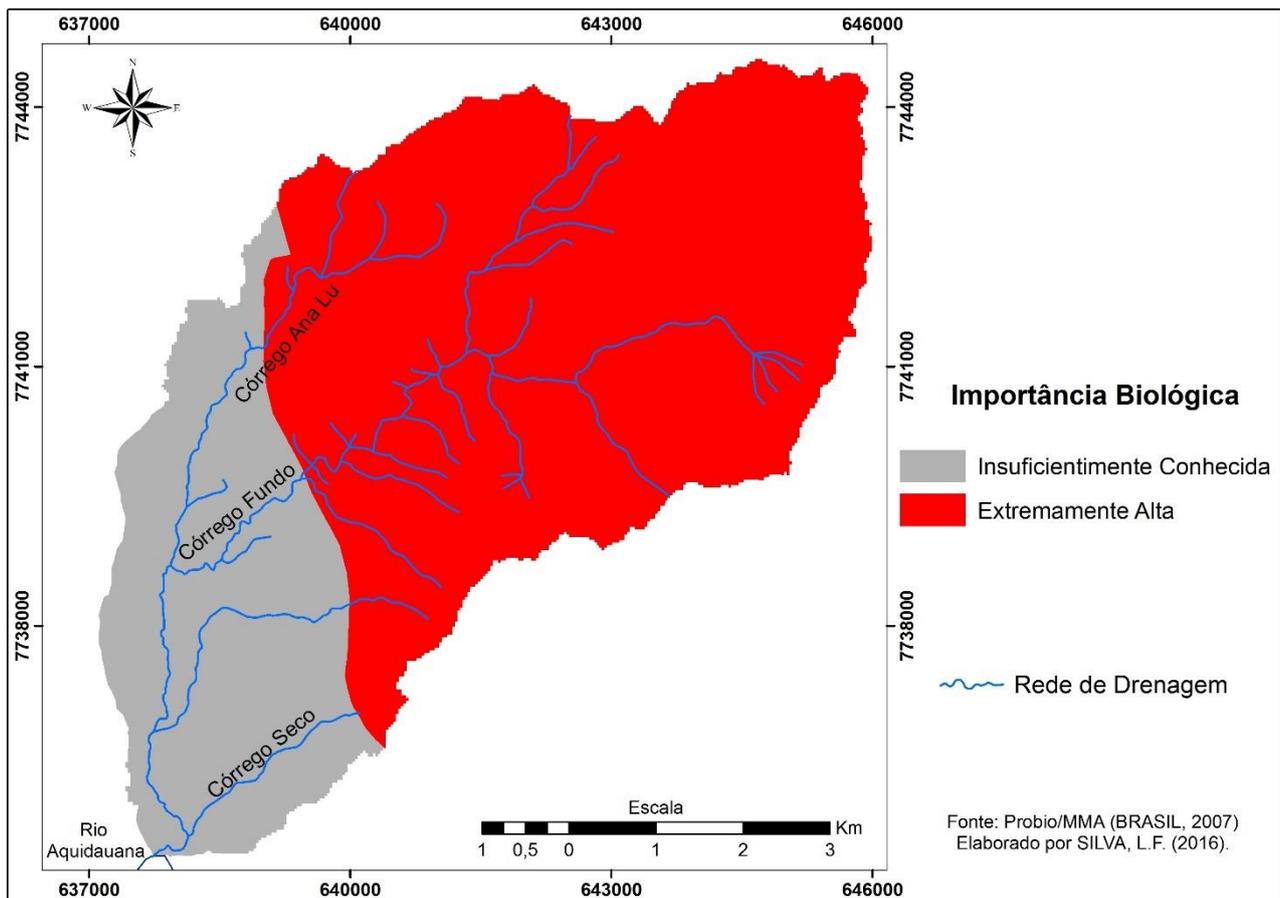
**Tabela 4.** Pluviosidade.

Precipitação Média Anual	Intensidade Pluviométrica	Nível de Fragilidade	Peso
1259 a 1270 mm	181,4 mm	Média	3

**Fonte:** Adaptado de Crepani et al. (2001) e Ross (1994).

As áreas prioritárias para conservação foram extraídas de um levantamento nacional realizado pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA para revisão das áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira em novembro de 2005 e posteriormente aprovada pela deliberação CONABIO nº 39, de 14 de dezembro de 2005, Tal metodologia adotou como base o mapa de Biomas do Brasil (IBGE, 2004) e utilizou uma abordagem que promove maior objetividade e eficiência; cria memória do processo de identificação de prioridades; promove maior participação; e gera informações que possibilitam decisão informada e capacidade para avaliar oportunidades (BRASIL, 2007).

As áreas prioritárias para conservação (Figura 6), foram extraídas no formato *Shapefile* do banco de dados do MMA (disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.html>). Na sequência, inserido no software ArcGIS 10®, e sobreposto o limite da bacia hidrográfica como uma máscara, e posteriormente recortado e editado as áreas de importância biológica.



**Figura 6.** Mapa das áreas prioritárias para conservação da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

A Tabela 5 apresenta os níveis de fragilidade adotados para as áreas prioritárias para conservação, de acordo com nível de importância biológica.

**Tabela 5.** Áreas prioritárias para conservação.

Importância Biológica	Níveis de Fragilidade	Peso
Insuficientemente conhecida	Muita Baixa	1
Extremamente Alta	Muito Alta	5

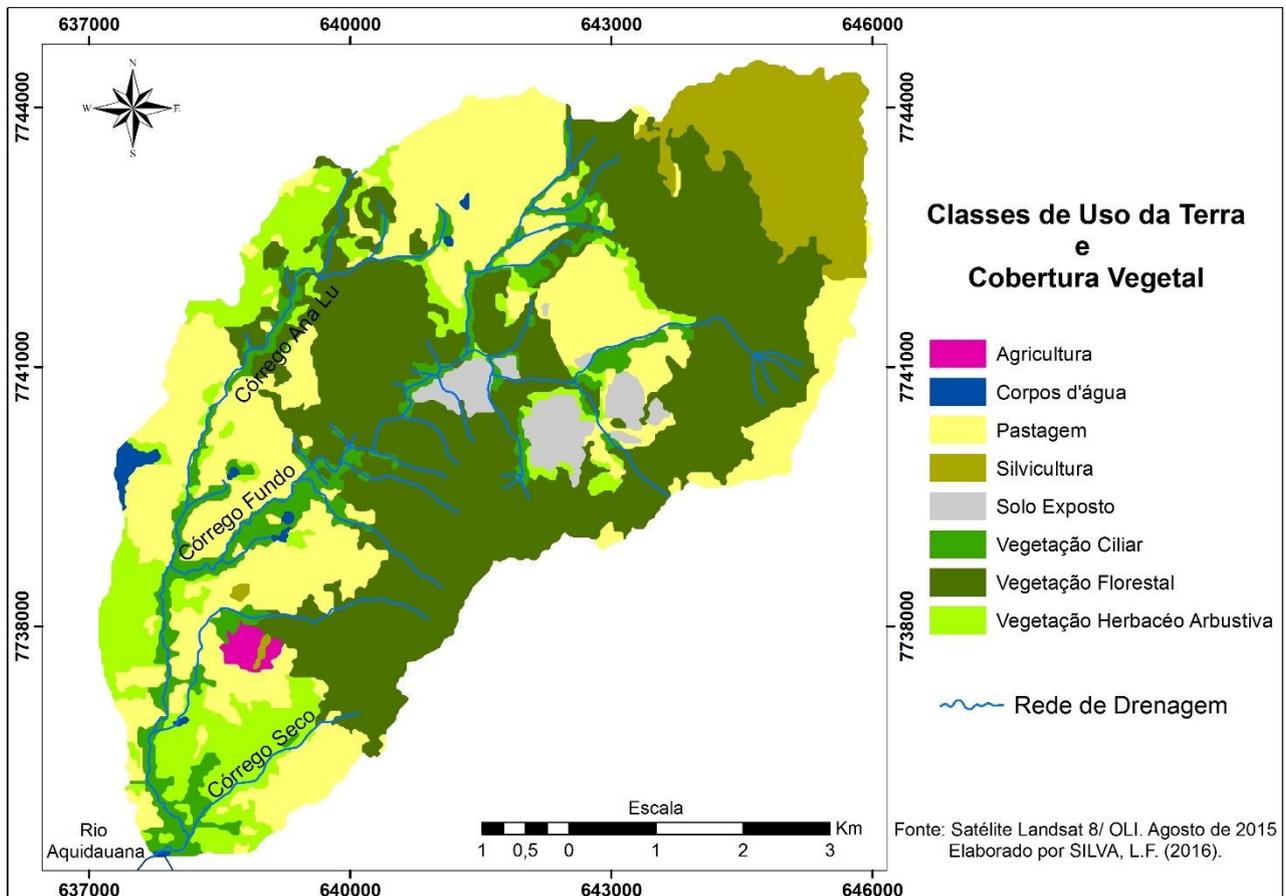
Fonte: Probio/MMA (BRASIL, 2007).

Na sequência foi desenvolvida a fragilidade potencial através do método de combinação de mapas (álgebra de campo), por meio de sobreposição ponderada no software ArcGIS 10®, partir da combinação da declividade (TOPODATA, 2008), solos (SISLA, 2013) intensidade pluviométrica (EMBRAPA, 2014) e as áreas prioritárias para conservação (BRASIL, 2007).

E por último para criação do mapa de fragilidade ambiental, é utilizado o mapa de fragilidade potencial com o mapa de uso da terra e cobertura vegetal.

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal (Figura 7) baseou-se na aplicação de técnicas de tratamento digital de imagens que podem ser descritas por Novo (2008), Jensen (2009) e Florenzano (2011), caracterizadas por quatro etapas principais: 1) Pré-processamento, 2) Realce, 3)

Classificação e 4) Exatidão da Classificação, através do software SPRING 5.2 (CÂMARA et al, 1996) a partir de imagem do satélite LANDSAT-8, sensor OLI, órbita 225, ponto 74, bandas 4, 5 e 6, de agosto de 2015.



**Figura 7.** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

Na sequência para cada classe de uso terra e da cobertura vegetal também foram aplicados pesos de acordo com níveis de fragilidade adaptados de Ross (1994), representados de acordo com a com a Tabela 6.

**Tabela 6.** Uso da terra e cobertura vegetal.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Níveis de Fragilidade	Peso
Vegetação Florestal	Muito Baixa	1
Vegetação Ciliar	Muito Baixa	1
Vegetação Herbácea Arbustiva	Baixa	2
Silvicultura	Alta	4
Pastagem	Alta	4
Agricultura	Alta	4
Solo Exposto	Muito Alta	5
Corpos d'Água	Muito Alta	5

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994).

O mapa de fragilidade ambiental foi elaborado pelo método de sobreposição ponderada disponível no software *ArcGIS* 10®, através da combinação dos mapas de fragilidade potencial e uso da terra e cobertura vegetal.

Inicialmente foi feita a conversão dos dados vetoriais para a estrutura matricial (formato *Grid*) e posteriormente a reclassificação, por meio da ferramenta *Spatial Analyst / Reclassify*. Em seguida, as etapas percorridas foram as seguintes: *Spatial Analyst / Tools / Overlay / Weighted / Overlay*. Foram feitas adaptações e atribuídos pesos para cada classe de acordo com os níveis de fragilidade, baseado nas propostas de Ross (1994) e Crepani et al., 2001.

A espacialização das áreas destinadas à preservação permanente (APP), foram definidas conforme o Art. 3º, item II e delimitada nos termos do Art. 4º itens I, II, IV, V, VIII e IX da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), e elaborada pelo método de *buffer* (mapa de distância) após a vetorização da rede de drenagem, identificação das nascentes e bordas de tabuleiro.

Para identificação das áreas de encostas, que leva em consideração as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive (BRASIL, 2012), foram gerados dados de declividade e com base nos valores obtidos e comparados com exigido pela lei, criou-se um polígono visualmente contornando a escarpa de Serra de Maracaju.

A partir dos dados de declividade também pode-se identificar a ocorrência de áreas de topo de morro, com inclinações superiores a 45° graus, e em seguida, foram geradas curvas de nível (equidistância 30 metros) para facilitar a extração dos valores de cotas altimétricas da base ao topo (acima de 100 metros). Na sequência, foram subtraídos os valores de cota máxima pela mínima, e posteriormente dividido os valores por 3 (três) e multiplicado por 2 (dois), delimitando assim a área correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima em relação a base (topo de morro), conforme o proposto pelo Código Florestal Brasileiro.

Foram geradas também as áreas de conflito entre APPs e o uso da terra e cobertura vegetal, extraídas a partir dos polígonos gerados pelo mapa de distância (*Buffer*) das APPs de 30, 50, 100, Áreas de Encosta, Borda de Tabuleiros e Topo de Morro, no qual foram utilizados como máscaras e sobrepostas ao mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal, e posteriormente recortados através das ferramentas: *ArcToolbox - Analysis Tools - Extract - Clip*, disponíveis no do software *ArcGIS* 10®.

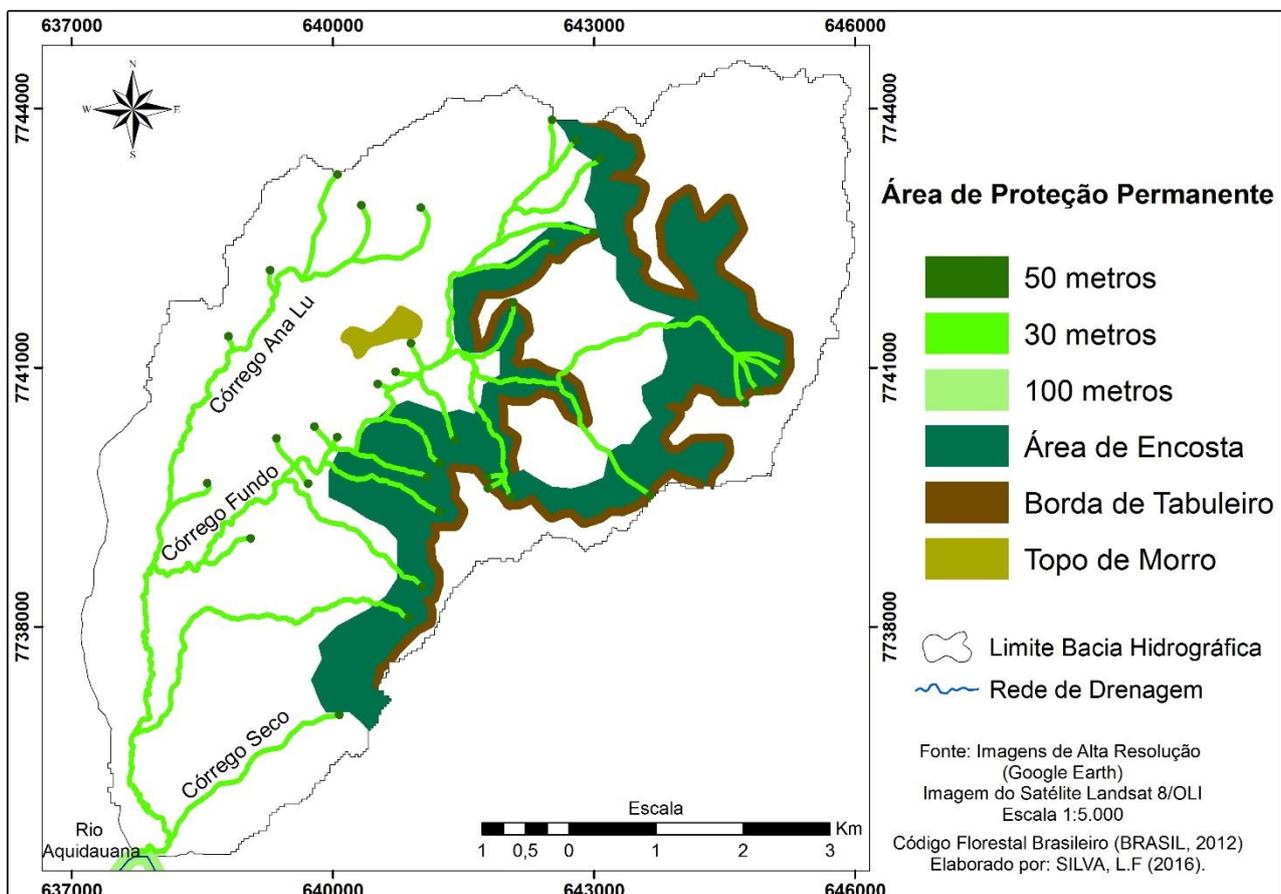
A base para o mapeamento das APPs constitui-se em análises de imagens de média resolução espacial (Landsat-8) e alta resolução espacial (*Google Earth*), através do software *ArcGIS* 10®, além da consulta a carta topográfica, mapa hipsométrico e curvas de nível.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Para a bacia hidrográfica do córrego Fundo foram identificados 3 principais córregos perenes: Fundo, Ana-Lu, Seco, e mais 36 córregos perenes e menos extensos que estão ligadas as nascentes. São 29 córregos menores que drenam águas diretamente de suas nascentes ao córrego Fundo, além de 6 córregos menores que drenam águas das nascentes para o córrego, Ana-Lu e 1 para o córrego Seco.

Todos os córregos apresentam largura inferior a 10 metros, indicando que as APPs ao entorno dos canais devem ser de largura de 30 metros a partir da borda da calha do leito. E para as áreas de nascentes destina-se uma área de 50 metros ao seu entorno. A APP de 100 metros é correspondente ao rio Aquidauana, uma vez que o córrego Fundo é afluente em sua margem direita. Outras categorias também encontradas são as áreas de encosta e borda de tabuleiro ambas na Serra de Maracaju, além do topo de morro. Conforme demonstra a Figura 8.



**Figura 8.** Mapa de legislação ambiental da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

A Tabela 7 apresenta a quantificação em hectares (ha) e porcentagem (%) das áreas destinadas à preservação permanente (APP) da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

**Tabela 7.** Áreas de preservação permanente (APP).

APP	Área (Hectares)	Porcentagem (%)
30 metros	313,7123	21,10%
50 metros	27,4186	1,85
100 metros	3,1014	0,21
Área de Encosta	857,4138	57,68
Borda de Tabuleiro	259,1421	17,43
Topo de Morro	25,6717	1,73
<b>Total</b>	<b>1.486,4599</b>	<b>100</b>

A partir da espacialização das áreas de proteção permanente e do confronto com mapeamento de uso da terra e da cobertura vegetal foi possível verificar que as disposições definidas pelo novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), não estão sendo cumpridas, principalmente nas APPs de 30 metros (córregos), 50 metros (nascentes), 100 metros (rio) e Bordas de Tabuleiro conforme o exemplificado nas tabelas 8 e 9.

**Tabela 8.** Área ocupada pelas classes de uso da terra e cobertura vegetal nas Áreas de Preservação Permanente de 30, 50 e 100 metros.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	APP					
	30 metros		50 metros		100 metros	
Valores	Hectares	%	Hectares	%	Hectares	%
Agricultura	-	-	-	-	-	-
Corpos d'água	1,0392	0,33	0,0472	0,17	-	-
Pastagem	34,0869	10,87	2,3770	8,67	0,0535	1,72
Silvicultura	-	-	-	-	-	-
Solo Exposto	0,3990	0,13	-	-	-	-
Vegetação Ciliar	134,8434	42,98	3,3174	12,10	-	-
Vegetação Florestal	116,5794	37,16	20,9065	76,25	-	-
Vegetação Herbácea	26,7644	8,53	0,7705	2,81	3,0479	98,28
<b>Total</b>	<b>313,7123</b>	<b>100</b>	<b>27,4186</b>	<b>100</b>	<b>3,1014</b>	<b>100</b>

Detectou-se que as APPs de 30, 50 e 100 metros não estão completamente cobertas pela vegetação originária, e que provavelmente foram substituídas por pastagem cultivada, encontradas nas 3 categorias de APPs e também por solo exposto na APP de 30 metros, principalmente nas regiões mais planas da bacia.

As outras categorias de APPs que também foram quantificadas e analisadas são: Área de Encosta, Borda de Tabuleiro e Topo de Morro, conforme a Tabela 9.

**Tabela 9.** Áreas de proteção permanente e o confronto com o uso da terra e da cobertura vegetal para Área de Encosta, Borda de Tabuleiro e Topo de Morro.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	APP					
	Área de Encosta		Borda de Tabuleiro		Topo de Morro	
Valores	Hectares	%	Hectares	%	Hectares	%
Agricultura	-	-	-	-	-	-
Corpos d'água	-	-	-	-	-	-
Pastagem	-	-	31,4610	12,14	-	-
Silvicultura	-	-	2,8514	1,10	-	-
Solo Exposto	-	-	1,3701	0,53	-	-
Vegetação Ciliar	42,5412	4,96	5,8514	2,26	-	-
Vegetação Florestal	793,4661	92,54	201,6896	77,83	24,0699	93,76
Vegetação Herbácea	21,4065	2,50	15,9186	6,14	1,6018	6,24
<b>Total</b>	<b>857,4138</b>	<b>100</b>	<b>259,1421</b>	<b>100</b>	<b>25,6717</b>	<b>100</b>

A borda de tabuleiro é outra categoria de APP que não está sendo preservada, pois por lei deveriam ter uma faixa de 100 metros de proteção com vegetação nativa, mas atualmente estão ocupadas por pastagem cultivada e solo exposto conforme o constatado através de trabalho de campo (Figura 9).



**Figura 9.** Borda de tabuleiro ocupada por pastagem cultivada.

As faixas de proteção das bordas de tabuleiro também estão sendo ocupadas pela atividade de silvicultura, que predomina na região nordeste da bacia e margeia as bordas da serra de Maracaju, conforme a Figura 10.



**Figura 10.** Borda de tabuleiro ocupada por silvicultura, conforme indicado pelas setas.

As únicas categorias de APPs que se mantiveram preservadas com a vegetação originária e estão protegidas conforme proposto pelo novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), são: as áreas de encostas por possuir inclinações que não permitem a ocupação e os topos de morros, resultados estes muito parecidos com os obtidos por Pinto et al. (2007) e que continuam até os dias atuais, conforme identificado nesta pesquisa através de mapeamento e de trabalho de campo.

#### 4.2. FRAGILIDADE POTENCIAL

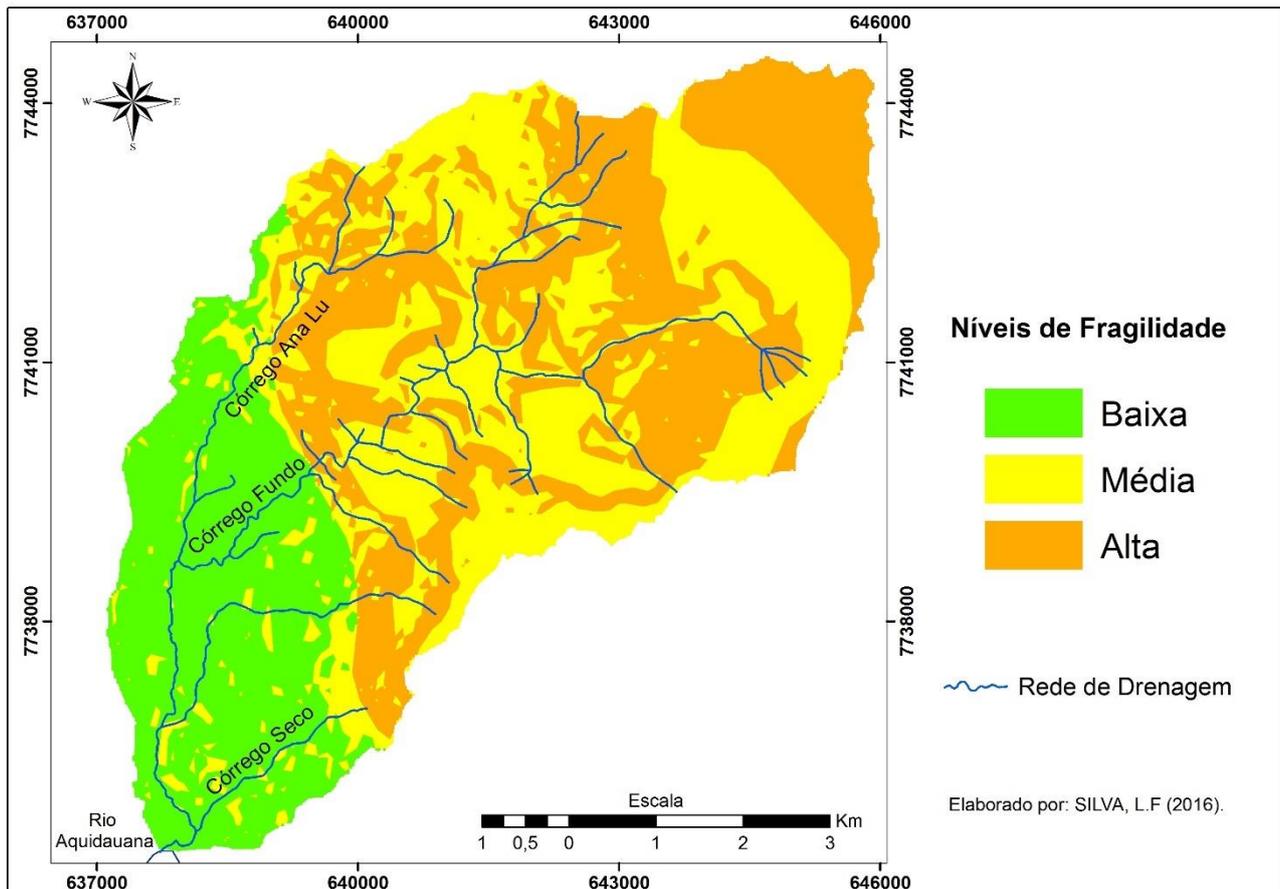
A fragilidade potencial natural a erosão resultou em três níveis de fragilidade potencial: Baixa, Média e Alta, conforme a Figura 11.

A Tabela 10 apresenta a quantificação em hectares e porcentagem (%) das áreas de fragilidade potencial.

A baixa fragilidade potencial ocupa uma área de 37,94%. É a maior classe mapeada da bacia hidrográfica, e está relacionada com as áreas de relevo plano e suave ondulado, entre as declividades que variam de 0 a 12%. As áreas prioritárias para conservação da biodiversidade nesta região são classificadas como insuficientemente conhecida, segundo Brasil (2007).

A classe de média fragilidade potencial é a segunda maior classe mapeada ocupando 37,09% da área da bacia, localizada nas depressões entre as declividades que variam do intervalo de 6 a 20%. Para esta região a área prioritária para a conservação da biodiversidade é classificada como extremamente alta, e com a presença de Argissolo Vermelho-Amarelo, e de Neossolo Litólico resultados estes muito similares aos obtidos por Cunha et al. (2013) e Trombeta et al. (2014).

A alta fragilidade potencial representa 24,97% da bacia hidrográfica e está associada às áreas com declividades de 12 a 30% situadas nas depressões, e ultrapassando os 30%, na Serra de Maracaju. A área prioritária para a conservação da biodiversidade, também é classificada como extremamente alta (BRASIL, 2007) com o predomínio do Argissolo Vermelho-Amarelo, e a presença dos Latossolo Vermelho e Neossolo Litólico nas regiões mais propícias a dissecação do relevo (SISLA, 2013).



**Figura 11.** Mapa da fragilidade potencial da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

**Tabela 10.** Quantificação das áreas de fragilidade potencial.

Fragilidade Potencial	Área (hectare)	Porcentagem (%)
Baixa	1.782,7662	37,94
Média	1.742,9525	37,09
Alta	1.173,5222	24,97
<b>Total</b>	<b>4.699,2409</b>	<b>100%</b>

### 4.3. FRAGILIDADE AMBIENTAL

O resultado da combinação do mapa de fragilidade potencial com o uso da terra e cobertura vegetal permitiu a obtenção de quatro níveis de fragilidade ambiental para bacia hidrográfica do

córrego Fundo: baixa, média, alta e muito alta. A Figura 12 demonstra o mapa de fragilidade ambiental da bacia.

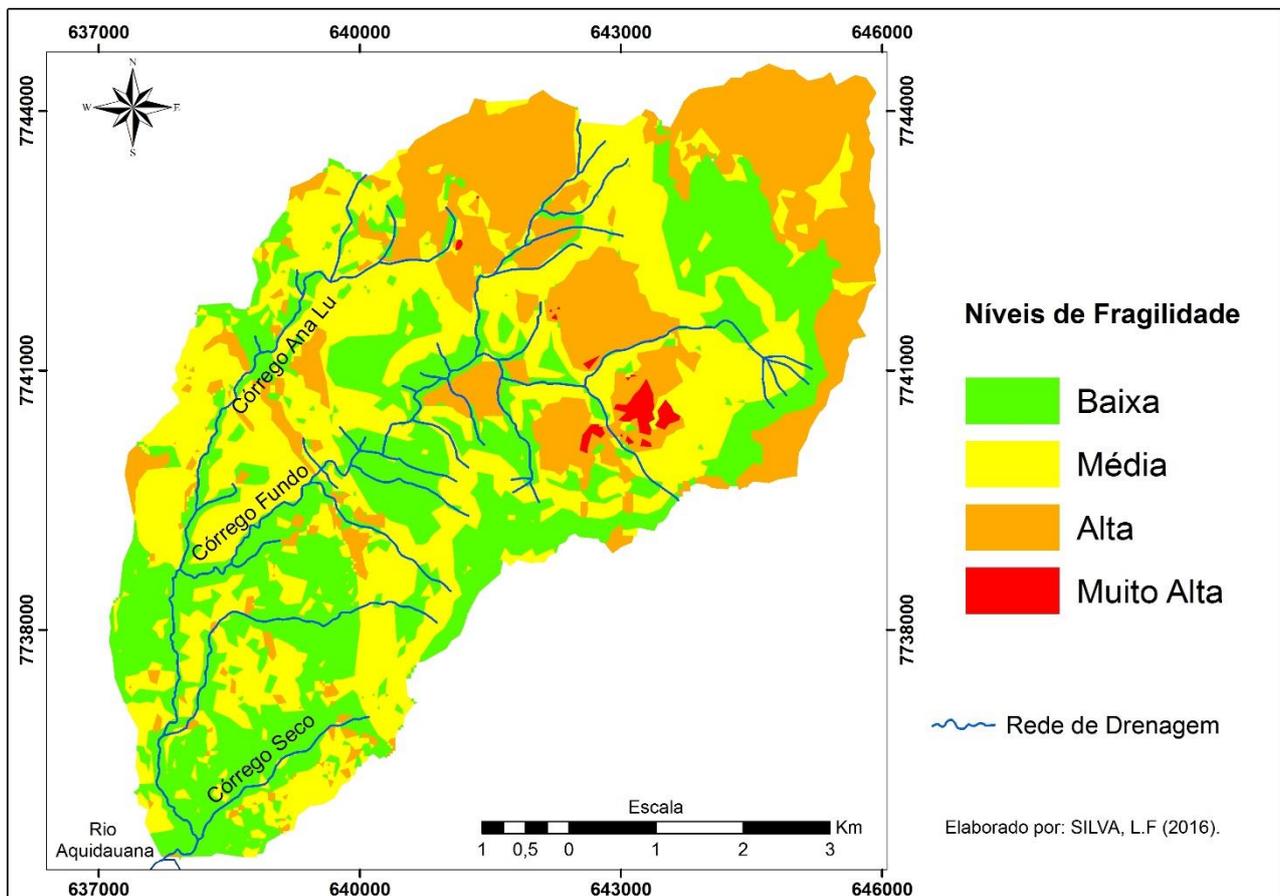


Figura 12. Mapa da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Fundo.

A Tabela 11 apresenta a quantificação em hectares e porcentagem (%) das áreas de fragilidade ambiental.

Tabela 11. Quantificação das áreas de fragilidade ambiental.

Fragilidade Ambiental	Área (hectares)	Porcentagem (%)
Baixa	1.608,8572	34,46
Média	1.831,2178	39,21
Alta	1.202,0204	25,74
Muito Alta	27,1455	0,59
<b>Total</b>	<b>4.669,2409</b>	<b>100%</b>

A baixa fragilidade ambiental ocupa uma área de aproximadamente de 34,46%, apresenta uma baixa fragilidade potencial e a cobertura vegetal é diversificada com o predomínio de pastagem cultivada para pecuária (gado de corte e leite) nas propriedades privadas e na fazenda escola da

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), além de outros tipos de culturas como milho, cana de açúcar, sorgo e eucalipto dividido em pequenas parcelas, utilizadas para ensino e pesquisa da universidade. A área também está coberta por formações vegetais naturais representada por pequenos fragmentos de vegetação herbácea arbustiva (Cerrado) e de mata ciliar em torno do córrego Fundo, Ana Lu e Seco, situada nas regiões onde a declividade é muito baixa, oscilando entre 0% e 6%. Pode-se observar também a baixa fragilidade ambiental nas áreas próximas as encostas e paredões da Serra de Maracaju onde encontram-se formações vegetais florestais preservadas de Floresta Estacional Semidecídua.

A média fragilidade ambiental representa 39,21%, é a maior classe mapeada para bacia hidrográfica, e está relacionada com grau protetivo do solo pela cobertura vegetal e a declividade, principalmente nas pastagens cultivadas e pequenas áreas de agricultura que se encontram entre as inclinações que variam de 6% a 12%. Ela ocorre também nas áreas de vegetação herbácea arbustivas, mata ciliar e vegetação florestal sobre as inclinações de 12% até 20%, e nas inclinações acima de 30% em áreas mais dissecadas do relevo da Serra de Maracaju.

A alta fragilidade ambiental constitui 25,74 % da área da bacia e está associada às áreas com alto potencial natural à erosão, aos corpos d'água e áreas de pastagem cultivada e silvicultura próximas às bordas de tabuleiro em região de APP.

A muito alta fragilidade ambiental abrange uma área 0,59% da área da bacia hidrográfica, encontra-se especialmente nas áreas de alta fragilidade potencial com solo exposto, oriundo de desmatamento para inserção de pastagem cultivada com ausência de práticas conservacionistas em áreas próximas às bordas de tabuleiro e nas áreas de APP.

A substituição da vegetação nativa por áreas de pastagens cultivadas e plantações de eucalipto, tem favorecido ao aumento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego Fundo. Estas formas de uso da terra, estão também avançando as áreas de preservação permanente principalmente nas nascentes, córregos e nas bordas de tabuleiro que não estão sendo preservadas, conforme o constatado a campo e pelo confronto dos mapas de uso com as APPs. O que chama atenção principalmente para uma revisão nos métodos tradicionais de uso da terra, em alternativas mais sustentáveis e que conciliem os modos de produção com legislação vigente e a preservação das espécies vegetais nativas e dos recursos hídricos que são muito importantes para esta região.

## 5. CONCLUSÃO

Através da espacialização da legislação ambiental com uso de geotecnologias, permitiu-se avaliar que o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) na bacia hidrográfica do córrego Fundo

não está sendo respeitado, no qual áreas de proteção permanente da vegetação nativa vem sofrendo com constantes desmatamentos para inserção de pastagem cultivadas e silvicultura.

A análise da fragilidade ambiental utilizando adaptação metodológica das propostas de Ross (1994) e Crepani et al., (2001), mostraram-se muito satisfatória, principalmente com a utilização das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, que reforçou a importância do bioma Cerrado, e permitiu apontar que grande parte da bacia se encontra em estado de média, alta e muito alta fragilidade ambiental, o que requer cuidados principalmente na relação e integração dos modos de uso da terra com os recursos naturais e sua preservação.

## REFERÊNCIAS

ARCGIS/ARCINFO – Esri Inc. *ArcGis Version 10. Environmental Systems Research Institute Inc. New York*. 1 Cd Rom. 2012.

BACANI, V. M. SAKAMOTO, A. Y. LUCHIARI, A. QUÉNOL, H. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. *Mercator*, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119-135, 2015.

BURROUGH, P.; MCDONNELL, R. **Principles of geographical Information Systems**: Oxford: Clarendon. 1998. 333p.

BRASIL. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **CONABIO nº 39, de 14 de dezembro de 2005**. Atualização - Portaria MMA nº9 de 23 de janeiro de 2007. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/\\_arquivos/Delib\\_039.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/_arquivos/Delib_039.pdf). Acesso em: 03. mar. 2016.

BRASIL. Código Florestal Brasileiro. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília, Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 23. fev. 2016.

CÂMARA, G. SOUZA, R. C. M. FREITAS, E. M., GARRIDO, J. MITSUO JR. F. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, São José dos Campos, p 395-403, 1996.

CÂMARA, G. MONTEIRO, DAVIS, C. MEDEIROS, A. M. V. Álgebra de Campos e Objetos. In: CORDEIRO, J. P. BARBOSA, C. C. F. CÂMARA, G. **Introdução à ciência da geoinformação**. Instituto de Pesquisas Espaciais/INPE, 2007. cap.8, p. 1-26. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap8-algebra.pdf>. Acesso em: 17. fev. 2016.

CUNHA, E. R. SILVA, L. F. BACANI, V. M. OLIVEIRA DE. T, M. BARBOSA, E. H. B. SAKAMOTO, A. Y. PEREIRA, Z. V. Caracterização da fragilidade potencial da Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal das Nascentes do Rio Apa: uma adaptação metodológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 16, 2013. Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais/INPE, 2013. p.4201–4208.

CREPANI, E. MEDEIROS, J. S. HERNANDEZ FILHO, P. FLORENZANO, T. G. DUARTE, V. BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento**

**ecológico-econômico e ao ordenamento territorial:** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 103 p.

DSG. Diretoria do Serviço Geográfico do Exército. Folha Aquidauana. (SF.21-X-AIII). Escala 1:100.000. 1966.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Banco de dados de dados climáticos. Disponível em:  
<http://www.cpao.embrapa.br/clima/clima.cpao/index.php?pg=chuvams&cidade=Aquidauana>.  
Acesso em: 15 fev. 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª Edição, Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

ESPÍNDOLA, E. L. G. A Bacia Hidrográfica do Córrego Monjolinho. São Carlos: **RIMA. USP:** Escola de Engenharia de São Carlos, 2000. 188 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto:** 3 ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 71-79.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas de biomas. 2004. Disponível em:  
<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default.shtm>. Acesso em: 19 mai. 2014.

IMASUL/SISLA Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. Disponível em: [http://sisla.imasul.ms.gov.br/Downloads/dados\\_complementares/](http://sisla.imasul.ms.gov.br/Downloads/dados_complementares/). Acesso em 10 dez. 2013.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução da 2 ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2009. 672 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações:** São Paulo: Edgard Blucher, 2008. 388 p.

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da Bacia hidrográfica do arroio grande, RS.** 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PINTO, A. L. CARVALHO, E. M. SILVA, V. P. Riscos naturais e carta de riscos ambientais: um estudo de caso da bacia do córrego fundo, Aquidauana/Ms. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n.1, p. 91-109, 2007.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, nº 8. p. 63-74, 1994.

SPÖRL, C. ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, nº 15, p. 39-49, 2004.

TROMBETA, L. R. GARCIA, R. M. NUNES, R. S. GOUVEIA, I. C. M. C. LEAL, A. C. GOUVEIA, J. M. C. Análise da fragilidade potencial e emergente do relevo da unidade de gerenciamento de recursos hídricos pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, p. 159-173, 2014.

VALERIANO, M. de M. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais:**  
São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008. 75 p.

Trabalho enviado em 18/04/2016

Trabalho aceito em 17/11/2016