

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
CEARÁ CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO  
AMBIENTAL**

**TICIA CAVALCANTE DE SOUZA**

**PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM MICROBACIAS EXPERIMENTAIS NA  
REGIÃO SEMIÁRIDA DO CEARÁ ESTIMADA PELO MODELO KINEROS 2**

**FORTALEZA**

**2016**

**TICIA CAVALCANTE DE SOUZA**

**PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM MICROBACIAS EXPERIMENTAIS NA  
REGIÃO SEMIÁRIDA DO CEARÁ ESTIMADA PELO MODELO KINEROS 2**

Documento submetido à Coordenação do  
Curso de Pós Graduação em Tecnologia e  
Gestão Ambiental do Instituto Federal do  
Ceará como requisito para obtenção do  
título de Mestre em Tecnologia e Gestão  
Ambiental.

Orientadora: Professora Dra. Waleska  
Martins Eloi

Co-Orientadora: Professora Dra. Helba  
Araújo de Queiroz Palácio

**FORTALEZA**

**2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Instituto Federal do Ceará - IFCE  
Sistema de Bibliotecas - SIBI  
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S236p Souza, Tícia.  
Produção de Sedimentos em Microbacias Experimentais na Região Semiárida do Ceará Estimado Pelo Modelo Kíneros2 / Tícia Souza. - 2016.  
94 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental, Campus Fortaleza, 2016.  
Orientação: Profa. Dra. Waleska Martins Eloi.  
Coorientação: Profa. Dra. Helba Araújo de Queiroz Palácio.
1. Produção de Sedimentos. 2. Kíneros2. 3. Modelagem . I. Título.

CDD 628

---

**TICIA CAVALCANTE DE SOUZA**

**PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM MICROBACIAS EXPERIMENTAIS EM  
REGIÃO SEMIÁRIDA DO CEARÁ ESTIMADA PELO MODELO KINEROS 2**

Documento submetido à Coordenação do  
Curso de Pós Graduação em Tecnologia e  
Gestão Ambiental do Instituto Federal do  
Ceará como requisito para obtenção do  
título de Mestre em Tecnologia e Gestão  
Ambiental.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Waleska Martins Eloi

Instituto Federal do Ceará - IFCE – Campus Fortaleza

---

Profa. Dra. Helba Araújo de Queiróz Palácio

Instituto Federal do Ceará - IFCE – Campus Fortaleza

---

Profa. Dra. Deborah Mithya Barros Alexandre

Faculdades Nordeste – FANOR

A Deus por me ajudar a superar todas as dificuldades. Aos meus pais Francisco Evandro de Souza e Telma Maria Cavalcante de Souza por me amarem e me apoiarem em todos os momentos. Aos meus irmãos Mirna Lícia Cavalcante de Souza e Enyo Cavalcante de Souza por divertirem meus dias e torná-los mais felizes.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu amoroso Deus Jeová por tudo de bom que tem me concedido todos os dias.

A minha família, meus pais Francisco Evandro de Souza e Telma Maria Cavalcante de Souza e meus irmãos Mirna Lícia Cavalcante de Souza e Enyo Cavalcante de Souza pelo apoio incondicional e fonte de incentivo.

A minha estimada orientadora Prof. Dra. Waleska Martins Eloi pela sua generosidade e paciência em compartilhar sua experiência profissional e a minha corientadora Prof. Dra. Helba Araújo de Queiróz Palácio a qual tenho profundo respeito e gratidão.

Ao professor Dr. Laercio Leal dos Santos sempre atencioso, paciente e disponível em muitos momentos durante a pesquisa.

Ao professor Dr. Dirceu Arraes pela sua simplicidade e disposição em compartilhar seu vasto conhecimento.

Ao programa de pós graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - IFCE campus Fortaleza pela oportunidade de aperfeiçoamento profissional.

Aos professores doutores presentes na banca de avaliação pela disponibilidade em participar e pelas contribuições para a melhoria do trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - IFCE campus Iguatu, em especial a todos do grupo de pesquisa das microbacias experimentais e Labas (Laboratório de Água, Solo e Tecidos Vegetais) que colaboraram para coletas e análises desta pesquisa.

Aos meus amigos que se fizeram presente e contribuíram de várias maneiras para o meu aprendizado pessoal e profissional, em especial minha querida amiga Anna Ysis Pedrosa e o estimado Jacques Carvalho os quais pude compartilhar minhas dúvidas, ansiedades e momentos de alegria além de profundo carinho e admiração.

Aos meus colegas de mestrado pela união e companheirismo, em especial meus queridos Achilles Chaves, Evla Freitas e Joab Nascimento, Kamila Nara Souza, Thiago Albuquerque.

Agradeço a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) pela concessão da bolsa de pesquisa durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos aqueles que contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

## RESUMO

A disponibilidade hídrica na região semiárida é influenciada pela interação de diversos fatores climáticos, os quais podem intensificar ou reduzir índices pluviométricos e de temperatura da região. O uso e a ocupação do solo de maneira desordenada junto aos fatores naturais têm provocado sérios impactos ambientais, por exemplo a intensificação do fenômeno da seca, o processo de erosão hídrica, alteração no ciclo hidrológico natural bem como o aumento do escoamento superficial e da produção de sedimentos. Os aspectos citados colaboram para o empobrecimento do solo, assoreamento de regiões e afetam a qualidade da água, em especial no bioma caatinga, na qual milhares de famílias utilizam a região para retirar o sustento e a renda. Percebe-se uma grande dificuldade no monitoramento desses impactos ambientais, em especial na produção de sedimentos pela erosão da chuva. Utilizando a técnica de modelagem, é possível estimar por fórmulas matemáticas, o comportamento de uma bacia hidrográfica sob os impactos ambientais. O programa Kineros2 é um modelo físico, orientado evento a evento, usado para simular processos de interceptação, infiltração, vazão e erosão em pequenas bacias hidrográficas. Logo, a presente pesquisa pretende avaliar a produção de sedimentos em três microbacias experimentais da região semiárida do município de Iguatu, utilizando o programa Kineros2 e determinar o potencial de perdas de solo de acordo com a FAO (1967). As microbacias experimentais estudadas possuem diferentes manejos aplicados, a fim de analisar o comportamento sedimentológico destas, em condições de caatinga nativa, caatinga raleada e manejo de queima e pastagem. Com base nos dados coletados em campo no período de 2010 a 2013, observou-se que o uso e o manejo do solo influenciam diretamente a produção de sedimentos de cada microbacia, tornando claro que a microbacia de queima e pastagem foi a que apresentou maior produção de sedimentos e a microbacia raleada a menor produção de sedimentos. Após realização das simulações no programa Kineros 2, percebeu-se uma baixa porcentagem dos valores aceitáveis, conforme recomendado pela literatura, assim, indica-se o aprofundamento dos estudos de modelagem nas microbacias. Com relação aos valores de perda de solo estabelecidos pela FAO (1967), observou-se que as três microbacias estão classificadas com perda de solo baixa, devido às perdas analisadas no período serem inferiores a  $10 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

**Palavras chaves:** Região semiárida; Impactos ambientais; Modelagem.

## ABSTRACT

The availability of water in the semiarid region is influenced by the interaction of several climatic factors, which may intensify or reduce rainfall and temperature of the region. The use and land cover in a disorderly manner with the natural factors have caused serious environmental impacts, such as intensification of the drought phenomenon, the process of water erosion, changes in the natural water cycle and the increased runoff and production sediment. The aspects cited collaborate to the impoverishment of the soil, silting areas and affect the quality of water, especially in the savanna biome, in which thousands of families use the region to draw sustenance and income. You can see a great difficulty in monitoring these environmental impacts, particularly in the production of sediment erosion of rain. Using the modeling technique, it can be estimated by mathematical formulas, the behavior of a watershed in environmental impacts. The Kineros2 program is a physical model oriented event to event, used to simulate interception processes, infiltration, flow and erosion in small watersheds. Thus, this research aims to evaluate the sediment yield in three experimental watersheds of the semiarid region of the city of Iguatu using Kineros2 program and determine the potential for soil loss according to FAO (1967). The experimental catchments studied have different managements applied in order to analyze the behavior of Sediment in conditions of native scrub, scrub thinned and management of burning and grazing. Based on data collected in the field for the period 2010 to 2013, it noted that the use and management of soil directly influences the production of sediment each watershed, making clear that the watershed of burning and grazing showed the highest production sediment and watershed thinned to less sediment yield. After performing the simulations in Kineros program 2, it was noticed a low percentage of acceptable values, as recommended in the literature thus indicates the depth of modeling studies in watersheds. With respect to soil loss values established by the FAO (1967), it was observed that the three watersheds are classified with low soil loss due to losses in the analyzed period are less than  $10 \text{ ton ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ .

**Key words:** Semiarid region; Environmental impacts; Modeling.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Localização das microbacias experimentais da área de estudo.....                                                                                                          | 28 |
| Figura 2 – Vegetação da microbacia nativa Caatinga fechada no período chuvoso (a) e período seco (b). ....                                                                           | 29 |
| Figura 3 – Vegetação da microbacia raleada no período chuvoso (a) e período seco (b). ..                                                                                             | 30 |
| Figura 4 - Sequência do manejo da bacia queima/pastagem: desmatamento da área (a); queima da vegetação (b); plantio da gramínea andropogon (c); desenvolvimento da gramínea (d)..... | 31 |
| Figura 5 - Calha Parshall instalada em capo e poço tranquilizador para linígrafo.....                                                                                                | 32 |
| Figura 6 - Torre coletora de sedimentos automático. ....                                                                                                                             | 33 |
| Figura 7 - Fosso coletor de sedimentos de arraste.....                                                                                                                               | 34 |
| Figura 8– Esquema de funcionamento do programa Kineros2 .....                                                                                                                        | 34 |
| Figura 9 – Representação da entrada dos parâmetros globais do programa Kineros2 .....                                                                                                | 38 |
| Figura 10 - Representação da entrada dos dados dos planos do programa Kineros2.....                                                                                                  | 39 |
| Figura 11 - Representação da entrada dos dados dos canais do programa Kineros2 .....                                                                                                 | 40 |
| Figura 12 - Arquivo com dados de entrada de chuva. ....                                                                                                                              | 41 |
| Figura 13 - Índice pluviométrico anual no período de 2010 a 2013. ....                                                                                                               | 44 |
| Figura 14 - Produção total de sedimentos nas microbacias experimentais no período de 2010 a 2013. ....                                                                               | 45 |
| Figura 15 – Discretização da microbacia nativa.....                                                                                                                                  | 49 |
| Figura 16 - Esquema gráfico dos planos e canais da microbacia nativa. ....                                                                                                           | 49 |
| Figura 17 – Discretização da microbacia com manejo de raleamento. ....                                                                                                               | 50 |
| Figura 18 - Esquema de planos e canais da microbacia com manejo de raleamento. ....                                                                                                  | 50 |
| Figura 19 – Discretização da microbacia com manejo de queima e pastagem. ....                                                                                                        | 51 |
| Figura 20 - Esquema de planos e canais da microbacia com manejo de queima e pastagem. ....                                                                                           | 52 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Características morfométricas das microbacias experimentais nativa, raleada e de queima/pastagem. ....                 | 29 |
| Tabela 2 – Relação entre o total de eventos de chuva e a quantidade de eventos com produção e sedimentos.....                     | 46 |
| Tabela 3 – Perda de solo média nas microbacias e a classificação da FAO (1967).....                                               | 47 |
| Tabela 4 - Discretização da microbacia referente ao manejo de caatinga nativa. ....                                               | 48 |
| Tabela 5 - Discretização da microbacia referente ao manejo de raleamento. ....                                                    | 50 |
| Tabela 6 - Discretização da microbacia referente ao manejo de queima e pastagem. ....                                             | 51 |
| Tabela 7 – Valores calibrados dos parâmetros sensíveis para cada microbacia.....                                                  | 53 |
| Tabela 8 – Resultado comparativo da perda de solo real e estimada pelo programa Kineros 2 nas três microbacias no ano 2010. ....  | 53 |
| Tabela 9 – Resultado comparativo da perda de solo real e estimada pelo programa Kineros 2 nas três microbacias no ano 2011. ....  | 55 |
| Tabela 10 – Resultado comparativo da perda de solo real e estimada pelo programa Kineros 2 nas três microbacias no ano 2012. .... | 58 |
| Tabela 11 – Resultado comparativo da perda de solo real e estimada pelo programa Kineros 2 nas três microbacias no ano 2013. .... | 59 |
| Tabela 12 – Área (Km <sup>2</sup> ) das microbacias em estudo.....                                                                | 61 |
| Tabela 13 – Área (Km <sup>2</sup> ) de outros locais de aplicação do programa Kineros 2.....                                      | 61 |

## SUMÁRIO

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                               | <b>14</b> |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>                                                 | <b>16</b> |
| <b>2.1 Objetivo Geral.....</b>                                           | <b>16</b> |
| <b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>                                   | <b>16</b> |
| <b>3. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>                                    | <b>17</b> |
| <b>3.1 O fenômeno da seca .....</b>                                      | <b>17</b> |
| <b>3.2 Erosão do solo e Produção Sedimentos.....</b>                     | <b>18</b> |
| <b>3.3 Impactos Ambientais do uso e ocupação do solo .....</b>           | <b>21</b> |
| <b>3.4 Gerenciamento e Geoprocessamento de bacias hidrográficas.....</b> | <b>22</b> |
| <b>3.5 Modelos hidráulicos – hidrológicos .....</b>                      | <b>23</b> |
| <b>3.5.1 Classificação dos Modelos.....</b>                              | <b>24</b> |
| <b>3.6 Estudos utilizando o modelo Kineros 2.....</b>                    | <b>27</b> |
| <b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                       | <b>28</b> |
| <b>4.1 Localização e caracterização da área de estudo.....</b>           | <b>28</b> |
| <b>4.2 Coleta de dados .....</b>                                         | <b>32</b> |
| <b>4.3 Modelagem da Bacia – Modelo KINEROS 2 .....</b>                   | <b>34</b> |
| <b>4.3.1 Modelagem para infiltração do solo .....</b>                    | <b>34</b> |
| <b>4.3.2 Modelagem para fluxo nos planos.....</b>                        | <b>35</b> |
| <b>4.3.3 Modelagem para fluxo nos canais .....</b>                       | <b>36</b> |
| <b>4.3.4 Modelagem da erosão nos planos e canais .....</b>               | <b>36</b> |
| <b>4.3.5 Dados de entrada do Modelo Kineros2: .....</b>                  | <b>37</b> |
| <b>4.3.6 Parâmetros a serem calibrados: .....</b>                        | <b>41</b> |

|       |                                                       |    |
|-------|-------------------------------------------------------|----|
| 4.3.7 | Discretização das microbacias.....                    | 42 |
| 4.3.8 | Classificação da perda de solo FAO (1967) .....       | 43 |
| 5.    | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                          | 44 |
| 5.1   | Índices pluviométricos e produção de sedimentos ..... | 44 |
| 5.2   | Classificação de perda de solo FAO (1967) .....       | 47 |
| 5.3   | Discretização das microbacias .....                   | 48 |
| 5.4   | Aplicação do modelo Kinneros 2 .....                  | 52 |
| 6.    | CONCLUSÕES .....                                      | 63 |
|       | REFERENCIAS .....                                     | 64 |

## 1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é um ecossistema que só ocorre no Brasil e possui uma grande diversidade de paisagens e riqueza biológica. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2015) é um local onde se abriga mais de 1400 espécies de animais dentre mamíferos, aves, répteis, anfíbios, peixes e insetos. Uma característica relevante neste ecossistema é seu clima semiárido, o qual apresenta uma irregularidade na distribuição das chuvas, provocando o fenômeno da estiagem ou seca.

Dados do Ministério do Meio Ambiente (2015) e censo realizado pelo IBGE (2010) mostram que cerca de 21 milhões de pessoas habitam na Caatinga e, portanto, exploram este ambiente para retirar o sustento e a renda. Provocando um desmatamento que chega a atingir cerca de 46% do bioma para dar espaço a atividades como agricultura, pecuária, extração para produção de lenha e carvão, bem como a atividades industriais. Logo, os impactos ambientais que estas atividades refletem são percebidos, por exemplo, com o agravamento de eventos naturais como a seca, nos processos de desertificação e alterações climáticas.

Nesse contexto, observa-se que ao ocorrer precipitações em locais com ocupação indevida do solo, ocorre o arraste excessivo de sedimentos dentro da bacia hidrográfica, podendo provocar como consequência o assoreamento em alguns locais, afetar a qualidade da água e sua disponibilidade.

Por meio dos estudos hidrológicos e hidrossedimentológicos em uma bacia hidrográfica é possível compreender a dinâmica dos processos físicos desta e integrar os usos múltiplos dos seus recursos hídricos, a fim de planejar o seu melhor gerenciamento, por meio de práticas conservacionistas e manejo apropriado do solo. Já que a distribuição de água potável disponível em todo o planeta é escassa, principalmente na região semiárida.

Existem diversas maneiras para avaliar os impactos ambientais gerados pelo homem dentro de uma bacia hidrográfica, sendo o foco desta pesquisa o uso da modelagem, a qual por meio de fórmulas matemáticas estimam os processos físicos e climatológicos, avaliam a cobertura vegetal da área, assim como as características naturais da bacia e as áreas de uso e ocupação pelo homem, possibilitando simulações do estado atual bem como previsões futuras desta bacia, sob os impactos ambientais.

Entre os modelos apropriados para avaliar as condições ambientais em microbacias, destacamos o KINEROS2 (*Kinematic Runoff and Erosion Model 2*) desenvolvido por Woolhiser et al. em 1990, para uso em áreas pequenas. O modelo é aplicado a partir de eventos individuais de precipitação e aplica dados referentes ao solo, permitindo determinar o valor de produção de sedimentos na bacia. A partir da calibração de algumas variáveis mais sensíveis do modelo é possível obter valores bem aproximados da realidade.

Diante do exposto, a presente pesquisa objetiva modelar a produção de sedimentos gerados, utilizando o programa KINEROS 2 nas microbacias experimentais de Iguatu e determinar o potencial de perdas de solo de acordo com a FAO (1967).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Modelar a produção de sedimentos em três microbacias experimentais da região semiárida do município de Iguatu, usando o KINEROS 2.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Avaliar a produção de sedimentos em três microbacias do semiárido, no município de Iguatu durante o período de 2010 a 2013.

Analisar comparativamente os resultados quanto à produção de sedimentos gerados em campo e usando o KINEROS 2.

Analisar a perda de solo nas microbacias experimentais segundo classificação estabelecidas pela FAO (1967).

Calibrar programa Kineros 2.

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1 O fenômeno da seca**

O Brasil é um país conhecido pela sua abundância em recursos hídricos, no entanto a distribuição e disponibilidade destes recursos variam de acordo com as condições climáticas de cada região.

A região semiárida é caracterizada pela vegetação adaptada à forte insolação, sendo em sua maioria caducifólias e espinhosas a fim de reduzir a perda de água, possui temperatura relativamente elevada e um regime pluviométrico escasso e irregular (MOREIRA E TARGINO, 2007).

Embora não exista uma definição universal para a seca, esse fenômeno está sempre associado à deficiência hídrica, podendo ser avaliada em termos de sua duração, intensidade e variação espacial (BARRA et al, 2002). Pode ser classificado em diversas maneiras, por exemplo, a seca agrícola, ou seca verde, quando a distribuição temporal das chuvas não coincide com o calendário agrícola, afetando apenas as lavouras, não a vegetação própria ou adaptada da região (COSTA, 2012).

Entre os fatores que possuem influência direta na precipitação da região semiárida do nordeste brasileiro, podemos citar os fenômenos de El Niño e La Niña, conforme destacado na pesquisa de Araujo et al (2013). Estes fenômenos são inversamente proporcionais, e de acordo com a intensidade de cada um, no oceano Pacífico, pode ocorrer períodos chuvosos ou secos na referida região. Marengo (2008) destaca que as interações desses fenômenos com fatores climáticos podem intensificar ou reduzir os índices pluviométricos e de temperatura, as quais podem ocasionar grandes secas como em 1877, 1983 e 1998 na região Nordeste do país.

É importante ressaltar que além dos impactos no meio físico, a seca traz outras consequências, caso não haja programas de planejamento para este fenômeno. Silva et al (2013) destaca 13 principais períodos de seca nos últimos 500 anos na região do nordeste brasileiro, destacando as consequências socioeconômicas durante este período como o aumento das desigualdades sociais, aumento dos movimentos migratórios internos, êxodo rural e crescimento desordenado das cidades.

Períodos de secas frequentes, desmatamento desordenado, mineração, pecuária extensiva e com manejo inadequado do solo, pode levar ao processo de desertificação de muitas áreas desta região (SANTOS et al, 2014).

Segundo Sá et al. (2015), a cobertura vegetal é, talvez, o mais importante dos fatores de controle do fenômeno da desertificação no espaço semiárido. Os autores explicam que a vegetação da Caatinga desempenha papel fundamental na proteção do solo e por ter baixa capacidade de regeneração, quando uma área é descoberta por motivos agrícolas ou fornecimento de madeira para outros fins, o solo fica desprotegido por longos períodos de tempo.

Portanto, faz-se necessário utilizar algumas técnicas de convivência com a seca a fim de minimizar os efeitos deste fenômeno, como por exemplo pela prática da açudagem e barragens em geral. Ramalho (2009) realizou um estudo sobre este assunto no rio Piranha – Açu no Rio Grande do Norte e destacou que para a técnica ser eficaz é necessário um manejo adequado no entorno da área, para evitar aumento das taxas erosivas no solo e, como consequência o assoreamento dos reservatórios.

Outra prática utilizada, principalmente em áreas semiáridas para mitigação dos efeitos da seca é a irrigação, de maneira bem conduzida a fim de evitar efeitos negativos como a salinização do solo, em virtude do elevado teor de sódio presente na água, que segundo Lima Junior e Silva (2010), pode promover a dispersão da argila do solo, provocando o aumento de impermeabilidade deste.

Deste modo, os estudos hidrológicos nestas áreas semiáridas, devem ser incentivados, a fim de prever os eventos e seus impactos ambientais e/ou sócio econômico, visando promover ações de mitigação ou ações de convivência com estes.

### **3.2 Erosão do solo e Produção Sedimentos**

O processo de erosão do solo segundo Bagantini et al (2011) se dá pela relação entre a erosividade e a erodibilidade, ou seja, a capacidade que a chuva possui em erodir e a capacidade do solo em resistir a esta ação. Além disso, Wischmeier e Smith (1978) destacam outros fatores relevantes no processo de erosão, como a inclinação do declive, a cobertura e o manejo do solo e as práticas conservacionistas de suporte.

A erosão hídrica é um fenômeno causado pela ação da água da chuva sobre o solo que ocorre em três fases: desagregação, transporte e deposição, as quais se desenvolvem concomitantemente (ELLISON, 1947 E SCHULTZ ,1987 apud SANTOS E CARNEIRO, 2014). Complementando, Ferreira et al (2010) citaram que o primeiro passo no processo da erosão se dá pelas gotas de chuva quando golpeiam o solo em alta velocidade, as quais serão responsáveis por desagregar, transportar substâncias e reorientá-las.

A erosão de superfície provocada pela água da chuva tem início com a erosão laminar, seguido da formação de sulcos, ravinas e voçororas. Carvalho, Lima e Mortari (2001) explicam que a erosão laminar ocorre de maneira uniforme e gradual tendo consequências a longo prazo. Os mesmos autores continuam explicando que o escoamento superficial pode se dar também por pequenos canais abertos de baixa profundidade, chamados sulcos e ao passo que essa profundidade aumenta, em torno de 10-50 cm é classificado como ravina. Este processo de evolução da profundidade do canal pode prosseguir de ravinas para voçorocas, que é o processo mais avançado da erosão.

Para considerar os sedimentos que são carreados em uma bacia hidrográfica, é necessário avaliar alguns fatores como a topografia, clima, fatores de intemperismo e principalmente o uso e cobertura da superfície (CERDAN et al, 2002). Santos e Pereira (2013) explicam em sua pesquisa a influência do relevo no escoamento superficial, mostrando que em áreas planas ou relativamente planas pode haver maior taxa de infiltração, resultando em menores valores de escoamento.

Os processos geomorfológicos naturais, de acordo com Renscheler e Harbor (2002) são resultados da dinâmica do clima, vegetação e dinâmica geológica do solo, tendo um destaque maior para este último, pois além de resistir aos processos naturais é bastante atingindo pelas ações antrópicas.

Quando ocorre a retirada da vegetação natural, o solo fica descoberto e mais vulnerável as ações do intemperismo. Oliveira (2010) comenta que devido às perturbações que o homem tem causado no equilíbrio solo-vegetação-clima tem acelerado o processo de erosão e, consequente, produção de sedimentos.

Candido et al (2014) destacam que a erosão hídrica em áreas tropicais é a principal fonte para o desgaste natural do solo sendo de fundamental importância a

cobertura do solo e as formas de manejo para minimizar os impactos desse processo erosivo. Marchioro, et al, (2014) ratificam a naturalidade da erosão dos solos em todo o mundo, mas destacam que a intensificação desta se dá pela ausência de práticas de manejo e conservação além do desmatamento da cobertura vegetal original.

É importante considerar que a cobertura vegetal dissipa a energia advinda do impacto das gotas de chuva na superfície do solo evitando a desagregação e escoamento desses sedimentos (RAMOS et al, 2014). Santos e Pereira (2013) acrescentam que quando o solo possui matéria orgânica incorporada a ele isto o torna mais poroso e aumenta sua capacidade de retenção e infiltração de água.

Os autores Castro, Castro e Souza (2013) dão destaque para a mata ciliar, responsável por reduzir o assoreamento nas faixas às margens de rios e riachos e Candido et al (2014) destacam a cobertura vegetal pelas folhas mortas sob o solo, ou serapilheira, e o dossel das árvores como formas para reduzir os processos erosivos da chuva.

Até mesmo as características das espécies vegetais, como o tipo de raiz e de folha, o ângulo de disposição das folhas em relação ao colmo, a quantidade e espessura dos colmos e o hábito de crescimento das plantas, influenciam na dinâmica da água no solo (KLEIN E KLEIN, 2014).

Em pesquisa, Xu et al (2013) demonstraram que as taxas de erosão em áreas descobertas foram de 3 a 10,2 vezes maiores que as observadas em áreas com cobertura vegetal preexistente. Yang, Chen e Wei (2015) destacam que a partir da relação entre vegetação/topografia e a umidade do solo é possível identificar a influência humana nos ecossistemas.

São muitos os fatores que influem no perigo de degradação do solo como, por exemplo, a qualidade e a profundidade da capa freática, as características físicas do solo, as práticas impróprias de irrigação e a presença ou ausência de drenagem natural ou artificial. (PAZ, TEODORO E MENDONÇA, 2000).

Através da quantidade de sedimentos transportada é possível verificar as características e o estado da bacia hidrográfica. Isto possibilita o planejamento e o aproveitamento dos recursos hídricos da região na qual a bacia hidrográfica está inserida (XAVIER, 2009).

### 3.3 Impactos Ambientais do uso e ocupação do solo

O desenvolvimento de atividades diversas no solo altera a cobertura vegetal e provoca alteração no ciclo hidrológico natural, conforme explicado por Tucci et al. (2002), mostrando que a redução da quantidade de água infiltrada no solo, ocasiona uma redução do volume de água nos lençóis freáticos, por causa da falta de alimentação do sistema, além de favorecer o aumento do escoamento superficial, ocasionando enchentes e inundações.

Neste mesmo sentido Bakker et al. (2005) e Cerdan et al. (2010) entendem que alguns dos efeitos negativos da erosão do solo incluem a redução da fertilidade, redução da capacidade de armazenamento de água, poluição e assoreamento dos corpos hídricos além de reduzir a biodiversidade do solo. A pesquisa de Castro, Castro e Souza, (2013) mostram que esses fatores destacados são os principais responsáveis pela erosão e transporte de sedimentos em sistemas fluviais.

Na Europa, segundo FAO (2015), estima-se que cerca de 45% (180 milhões de ha) do território é usado para agricultura. No Brasil, Macedo (2005) comenta que dos 850 milhões de ha do território do país, 7% são utilizados para agricultura, um equivalente de 59,5 milhões de ha. Em conjunto com a análise do uso da terra, se observa a perda de solo, fato destacado na pesquisa de Pinheiro et al, (2010) os quais apresentam uma perda anual de solo em pastagens e lavouras no Brasil superando a marca de 822 toneladas, apresentando financeiramente prejuízo da ordem de R\$ 7,33 bilhões em reposição de corretivos e adubos químicos a estas áreas.

Já a qualidade da água é afetada pela poluição difusa que os solos agrícolas produzem. Segundo pesquisa realizada em Ontário, Canadá, revelou que mais de 70% dos solos agrícolas apresentam excesso de fósforo (P), podendo estar diretamente relacionada ao potencial de perda deste elemento, contribuindo para eutrofização das águas superficiais (WANG et al, 2014).

Autores ressaltam que devido a prática da retirada da vegetação para manejo agrícola e extração de lenha, isso têm provocado impactos hidrológicos ainda não conhecidos totalmente, sendo necessário ampliar estudos na área. Albuquerque et al (2001) desenvolveu sua pesquisa em área de vegetação Caatinga nativa registrando perdas médias de solo de 100 kg. ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup> e 170 kg. ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup> para áreas de Caatinga nova.

Young (1997) estabelece em sua pesquisa de revisão que as perdas de solo em ecossistemas naturais são consideradas baixa, com valores de perda inferiores a  $2 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , para regiões de cultivo agrícola a perda é considerada moderada, em uma faixa de 2 a  $10 \text{ ton. ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  e para áreas com queima e plantações capinadas a perda é alta com valores superiores a  $10 \text{ ton. ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Martins *et al.*, (2003) e Paes *et al.*, (2013) destacam a importância do monitoramento da perda de solo por erosão hídrica através dos parâmetros estabelecidos pela FAO – Food and Agriculture Organization (1967), a fim de contribuir para escolha do manejo adequado em atividades agrícolas na área e minimizar os impactos na degradação do solo. A FAO (1967) estabelece que no intervalo de  $0 - 10 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  a perda é considerada baixa; no intervalo de  $10 - 50 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  é considerada moderada; no intervalo de  $50 - 200 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  é considerada alta e para os valores maiores que  $200 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  é considerada muito alta.

Ribeiro Filho (2016) explica que em termos de limites a FAO (1967) admite perdas da ordem de  $12,5 \text{ t ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , para solos profundos, permeáveis e bem drenados; 2 a  $4 \text{ t ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  para solos rasos ou impermeáveis e, para outros solos, admite perdas intermediárias àqueles limites.

### **3.4 Gerenciamento e Geoprocessamento de bacias hidrográficas**

O aquecimento terrestre e a escassez de água doce no mundo é uma das questões mais discutidas atualmente em busca de uma solução viável. De acordo com um diagnóstico apresentado na Conferência Internacional sobre Água Doce, em Bonn, no ano de 2001, cerca de 1,2 bilhões de pessoas vivem sem acesso à água em quantidade e qualidade necessárias para uma vida saudável e digna (GOMES E BARBIERE, 2004).

Portanto, faz necessário uma gestão integrada dos recursos hídricos, para assegurar a preservação, uso, recuperação e conservação destes, e oferecer condições satisfatórias para os múltiplos usuários (YASSUDA, 1993).

Desta forma, a bacia hidrográfica torna-se a melhor unidade de estudo, com relação a gestão de recursos hídricos, porque ela incorpora a interdependência dos fatores físicos, biológicos e antrópicos. Contudo, para os autores Iescheck et al (2012) e Teodoro et al (2007) o ideal é restringir ainda mais a área para estudos hidrológicos, considerando as microbacias como unidade ideal. Pois, com uma menor área torna-se melhor a

observação dos efeitos do escoamento superficial, o entendimento sobre alterações da quantidade e qualidade de água em relação as intensidades de chuvas e o uso do solo.

Uma das maneiras de auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos e nas tomadas de decisões sobre o assunto é o uso do geoprocessamento e da técnica de modelagem. Mota et al. (2011) descrevem essa necessidade de desenvolver produtos e softwares para que as tomadas de decisões estejam embasadas em um sistema de gestão ambiental flexível, adaptável e interativo.

Camara e Monteiro (2001) contextualizam o uso do Geoprocessamento por diversas áreas, pois é uma tecnologia interdisciplinar que permite a representação computacional do espaço em uma linguagem comum para uma posterior aplicação no SIG, para isso é necessário que cada especialista de sua respectiva área converta os parâmetros de sua disciplina em representações computacionais.

Nesse contexto, o sistema de informações geográficas – SIGs é uma ferramenta estratégica e operacional que pode realizar análises espaciais, possibilitando o desenvolvimento de métodos de análise, planejamento e decisão sobre o espaço geográfico além de diagnosticar alterações na paisagem e conflitos de uso do solo (BESER DE DEUS, SANTOS E FREITAS, 2011; GIANUCA E TAGLIANI, 2012). Também é capaz de organizar a informação espacial de maneira veloz, precisa e, muitas vezes, barata – quando são usados dados de domínio público (AUGUSTIN et al, 2012).

Para Cancian e Camargo (2011) o sistema SIG oferece um grande número de recursos, possibilitando a criação de bancos de dados, com funções de gerenciamento, tratamento de imagens digitais, análises estatísticas além de possuir compatibilidade com ferramentas de sensoriamento remoto e de sistema de posicionamento global (GPS).

Os autores Moura, Fernandes e Sousa (2013) ressaltam que para a aplicação do SIG é fundamental a qualidade do banco de dados, assim como as relações topológicas entre os dados espaciais estejam devidamente satisfeitas. (FIGUEIREDO E SILVA, 2012; MOURA, FERNANDES E SOUSA, 2013).

O uso desta ferramenta, ainda segundo Moura, Fernandes e Sousa (2013) tem promovido outros métodos que forneçam o mapeamento e levantamento do solo, identificando através do uso de modelagens as relações entre a paisagem e os tipos de solo.

### **3.5 Modelos hidráulicos – hidrológicos**

Em virtude das alterações climáticas percebidas, principalmente nos últimos anos, muitos são os estudos desenvolvidos para prever o comportamento de uma bacia

hidrográfica na presença de chuvas, erosão, transporte de sedimentos, dentre outros. Assim, surgem os modelos hidráulico-hidrológicos para analisar todos os fatores naturais e antrópicos envolvidos na bacia e projetar a partir de fórmulas matemáticas as suas alterações.

A modelagem hidrológica também permite verificar a consistência das informações disponíveis, que em muitos casos são curtas, obtidas a partir das observações hidrológicas nas bacias. Em geral, os modelos hidrológicos tentam gerar o hidrograma do escoamento superficial a partir dos dados hidro-climatológicos e características físicas da bacia (PAIVA, 2008).

Santos (2009) comenta que os modelos hidráulicos-hidrológicos fornecem dados até para identificação de culturas que provoquem uma menor perda de solo, assim como técnicas de cultivo que favoreçam a conservação do solo. O autor também ressalta a utilidade de outro modelo, o hidrossedimentológico, pois este é útil na previsão do escoamento superficial e produção de sedimentos, devido a um evento de precipitação, auxiliando na gestão de corpos hídricos.

Lou (2010) destaca que a modelagem de uma bacia hidrográfica permite mitigar os problemas sociais, pois com as informações hidrometeorológicas é possível estabelecer conexões entre as ciências atmosféricas e ambientais e a sociedade, permitindo o desenvolvimento de programas e projetos apropriados para cada área.

### **3.5.1 Classificação dos Modelos**

Diversos modelos têm sido produzidos para quantificar os efeitos hidrológicos em uma bacia hidrográfica como o escoamento superficial e produção de sedimentos. A classificação destes, também, é alvo de grande discussão entre os pesquisadores da área, como observado em Maidment (1993), Vertessy et al. (1993), Tucci (1998) e Merrit, Letcher e Jakeman (2003).

Simplificadamente, as classificações propostas, dentre outras formas, podem ser de acordo com o tipo de variáveis utilizadas na modelagem (estocásticos ou determinísticos), o tipo de relações entre essas variáveis (empíricos ou conceituais), a forma de representação dos dados (discretos ou contínuos), a existência ou não de relações espaciais (pontuais ou distribuídos), e a existência de dependência temporal (estáticos ou dinâmicos) (RENÓ E SOARES, 2000).

Entre os diversos programas utilizados para o cálculo de erosão e transporte de sedimentos, podemos destacar: USLE, EPIC, AGNPS, CREAMS, WEPP, WESP, KINEROS 2.

A equação universal de perda de solo: USLE (*Universal Soil Loss Equation*) é usada empiricamente para estudo da erosão anual do solo, integrando seis fatores do processo erosivo (Equação 1) propostos Wischmeier e Smith (1978).

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad \text{Equação (1)}$$

Considerando que: A = perda média anual de solo por unidade de área; R = erosividade da chuva; K = erodibilidade do solo; L e S = fatores topográfico; C = uso e manejo do solo; P = práticas conservacionistas.

Embora tenha sido desenvolvido para aplicação em pequenas encostas, esta equação foi revisada e aprimorada (RUSLE - *Revised Universal Soil Loss Equation*, Renard et al., 1997; MUSLE - *Modified Universal Soil Loss Equation*, Kinnell & Risse, 1998) com objetivo de uma melhor aplicação na modelagem e transporte de sedimentos.

De acordo com Peruta, Keller e Schulin (2014), o programa EPIC - *Erosion Productivity Impact Calculator* (Williams et al., 1984) é capaz de simular as alterações das propriedades físicas e concentrações dos elementos de solo, em diferentes camadas, o que o torna adequado para descrever o destino, a longo prazo, de nutrientes e elementos contaminantes em solos agrícolas.

O AGNPS - *Agricultural Non-Point Source Pollution Model* (Young et al, 1987) é uma ferramenta desenvolvida pelo departamento de pesquisa agrícola da agencia americana de agricultura USDA para obter uma estimativa uniforme e precisa da qualidade do escoamento na bacia hidrográfica, com ênfase nos sedimentos e nutrientes, sendo comparado com os efeitos das várias práticas de conservação desenvolvida na área da bacia (YOUNG et al, 1987, SOUTO E CRESTANA, 2000).

O GLEAMS - *Groudwater Loading Effects on Agricultural Management Systems* é a versão modificada do CREAMS - *Chemical Runoff Erosion Assessment Management System*. O modelo CREAMS representava o estado-da-arte e dá uma resposta a partir das práticas agrícolas quanto aos componentes químicos e sedimentos na água, e o modelo GLEAMS prevê os impactos que as medidas de mitigação em áreas agrícolas

podem ter sobre a qualidade da água e produção de sedimentos. Ambos possuem limitações quanto a escala de aplicabilidade em bacias experimentais (LEONARD, KNISEL E STILL, 1987; CRIER E HAVENS, 1998; SHIRMOHAMMADI et al, 1999).

Outro modelo é o WESP (*Watershed Erosion Simulation Program*), o qual é um modelo físico proposto por Lopes (1987) que contém três grandes componentes: hidrológico, escoamento superficial, erosão e componente de depósito, e que, aplicado a pequenas bacias hidrográficas no semiárido, simula eventos de chuva e as consequências do impacto das gotas de chuva e o escoamento superficial no local (SANTOS, 2009; PEREIRA, 2010; ARRUDA, 2011; DALBIANCO, 2013).

O modelo WEPP - *Water Erosion Prediction Project* foi desenvolvido em um programa interinstitucional, envolvendo pesquisadores de várias agências e universidades americanas, com destaque para o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Tem aplicabilidade em grandes bacias hidrográficas, é constituído por nove componentes: geração de clima, processo de inverno, de irrigação, hidrologia, solos, crescimento de plantas, decomposição de resíduos, hidráulica de fluxo por terra, erosão e deposição e objetiva prever o impacto do uso das terras na conservação ambiental da água e do solo em ambientes como pastagens, florestas e áreas urbanizadas além das áreas voltadas para agricultura (LAFLEN et al. 1997; MACHADO et al. 2003; PANDEY et al. 2008; SANTOS, 2009; OLIVEIRA, 2010; MAHMOODABADI E CERDÀ, 2013).

Em 1977, Rover et al. lança o KINGEN, uma modificação do modelo criado anteriormente pela agência americana, acrescentando nos cálculos outro modelo de infiltração. Utilizando dados experimentais, foi realizada uma validação significativa do modelo KINGEN, a fim de incluir dentre outras melhorias no programa a erosão e transporte de sedimentos, resultando no modelo KINEROS, lançado em 1990 por Woolhiser et al.

O KINEROS (*Kinematic Runoff and Erosion Model*) é um modelo físico, orientado evento a evento que usa rede de planos e canais para simular processos de interceptação, infiltração, vazão e erosão em pequenas bacias hidrográficas. Foi desenvolvido em 1960 pelo departamento de agricultura dos Estados Unidos e representava o escoamento superficial em uma cascata de planos que contribuíam lateralmente para os canais das bacias hidrográficas. Com o passar do tempo, o modelo continuou tendo sua estrutura mais robusta e sendo divulgado livremente na internet como

KINEROS2, um programa de código aberto que relaciona chuva, vazão e erosão. Permitindo, assim, a identificação dos efeitos de urbanização, desmatamento, construção de reservatórios em pequenas bacias hidrográficas. (SILVA, 2005; SEMMENS et al, 2005; DALBIANCO, 2010, CABRAL, REIS E FRAGOSO JR, 2013 ).

### **3.6 Estudos utilizando o modelo Kineros 2**

O autor Santos (2008) resolveu comparar três modelos de base física (WEEP, WESP e Kineros) em duas sub-bacias experimentais de áreas 0,32 a 0,59 km<sup>2</sup>, com vegetação caatinga, para avaliar o resultado de escoamento superficial, obtendo resultado positivo para os três modelos. Com destaque para os modelos WEEP e Kineros que forneceram boas estimativas em eventos individuais e em nível anual.

Utilizando a mesma área de estudo que o autor Santos (2007), Melo (2010) utilizou o modelo Kineros para destacar outra ótica sobre a automatização dos processos de monitoramento, unindo modelos físicos junto a softwares de geoprocessamento SIG. Encontrando resultados satisfatórios dentro dos limites que o programa trabalha.

Para realizar uma previsão sobre os resultados hidrossedimentológicos na bacia do rio Pirapama, em Pernambuco, o autor Silva (2005), utilizou dois modelos hidrológicos o Açumod e o Kineros 2. Obteve resultados satisfatórios entre as vazões observadas e as vazões calculadas pelos modelos. Recomendando o uso dos modelos na região nordeste do país.

O autor Vieira (2011) utilizou o programa Kineros 2 na bacia experimental de Santana do Ipanema, na região de Alagoas, para avaliar o efeito do escoamento superficial sob diferentes manejos agrícolas. Identificando maior volume de escoamento no manejo desmatado, ocasionando graves problemas ambientais.

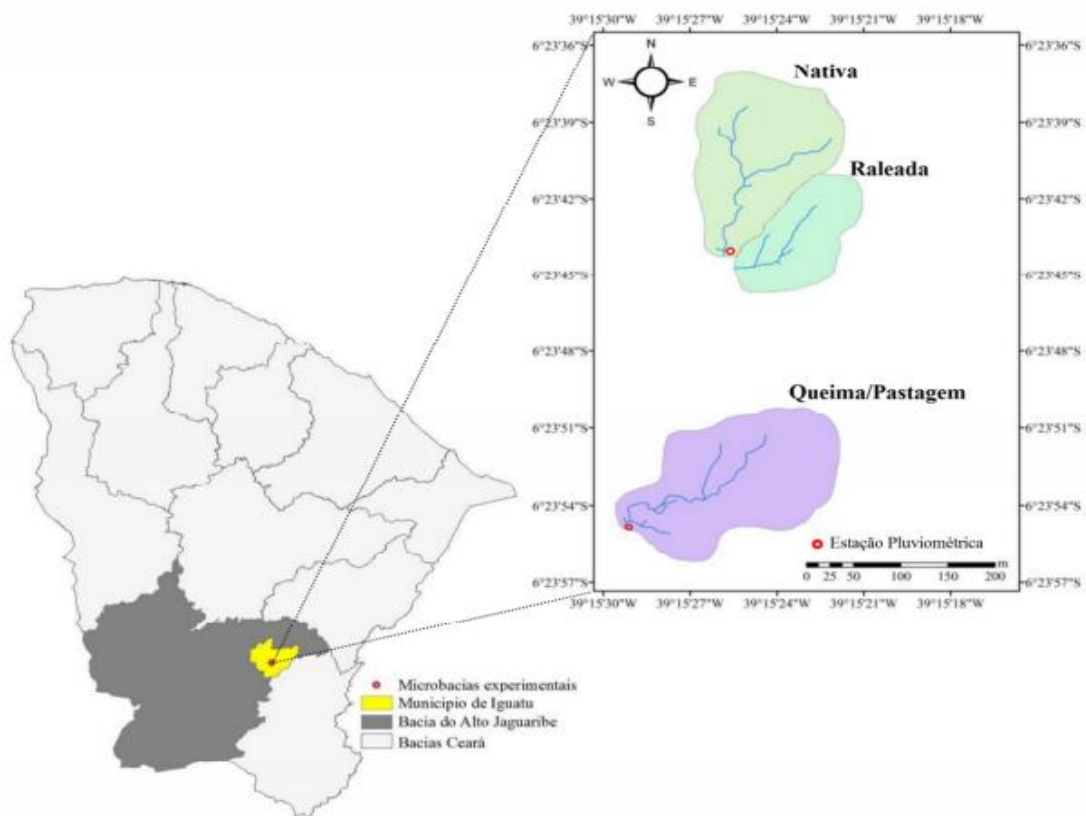
Com a finalidade de calibrar o programa Kineros 2 em pequenas microbacias , no Rio Grande do Sul, para o escoamento pluvial, o autor Daronco (2008) identificou parâmetros cruciais para obter bons resultados na pesquisa, começando pela correta discretização em planos e canais, bem como utilizando as características físicas do solo de acordo com o levantamento topográfico e manejo utilizado na área.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área delimitada para estudo localiza-se no estado do Ceará, na região centro-sul do estado, no município de Iguatu, entre as coordenadas geográficas  $6^{\circ} 23' 42''$  a  $6^{\circ} 23' 47''$  S e  $39^{\circ} 15' 24''$  a  $39^{\circ} 15' 29''$  W (Figura 1), abrangendo três microbacias do Alto Jaguaribe, em área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Iguatu.

Figura 1 – Localização das microbacias experimentais da área de estudo.



Fonte: Araujo Neto (2012).

A área experimental para aplicação do presente trabalho consiste em três microbacias hidrográficas denominadas Bacia Nativa, Bacia Raleada, e Bacia Queima/Pastagem, com respectivas áreas de 1,14; 2,06 e 2,80 ha e declividades médias de 8,7%, 10,6%, 5,6% com cursos de drenagem de regime hidrológico efêmero.

Na Tabela 1 observa-se algumas características morfométricas das microbacias experimentais.

Tabela 1 - Características morfométricas das microbacias experimentais nativa, raleada e de queima/pastagem.

| Parâmetros                        | Microbacia Nativa | Microbacia Raleada | Microbacia de Queima e Pastagem |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| Área da bacia (m <sup>2</sup> )   | 20637,6           | 11491,9            | 28013,7                         |
| Perímetro (m)                     | 594,5             | 478,4              | 696,8                           |
| Comprimento da bacia (m)          | 204,4             | 188,2              | 253,9                           |
| Comprimento do talvegue (m)       | 183,9             | 120,5              | 187,9                           |
| Comprimento do curso principal(m) | 252,1             | 147,2              | 238,2                           |
| Declividade da bacia (%)          | 10,60             | 8,70               | 5,60                            |
| Fator de forma                    | 0,5               | 0,3                | 0,4                             |
| Tempo de concentração (h)         | 0,1               | 0,1                | 0,1                             |

Fonte: Adaptado de Alves

Na microbacia nativa foi mantida a cobertura vegetal original do local, tipicamente caatinga fechada (Figura 2). Conforme pesquisa de Alves (2008), são encontradas na área *Hyptis sauaviolens* (L.) point (bambural), *Hyptis sp.* (melosa) e *Cróton* SP (velame), *Aspidosperma pyrifolium* Mart (pereiro) *Croton sonderianus* Muell. Arg (marmeleiro).

Figura 2 – Vegetação da microbacia nativa Caatinga fechada no período chuvoso (a) e período seco (b).



(a)



(b)

Fonte: Araujo Neto, 2012.

Na microbacia raleada foi empregado o seguinte manejo: manteve-se as espécies vegetais de circunferência do caule igual ou maior que 10 cm e as de crescimento herbáceo, em seguida realizou-se o corte das demais plantas, permitindo assim, que prevalecesse o desenvolvimento de espécies herbáceas de caráter forrageiro, em virtude da maior incidência de luz na área (Figura 3). É importante ressaltar que esta prática vem

sendo incentivada aos pequenos agricultores, a fim de promover a preservação da caatinga, bem como fornecer alimento para a criação agrosilvopastoril.

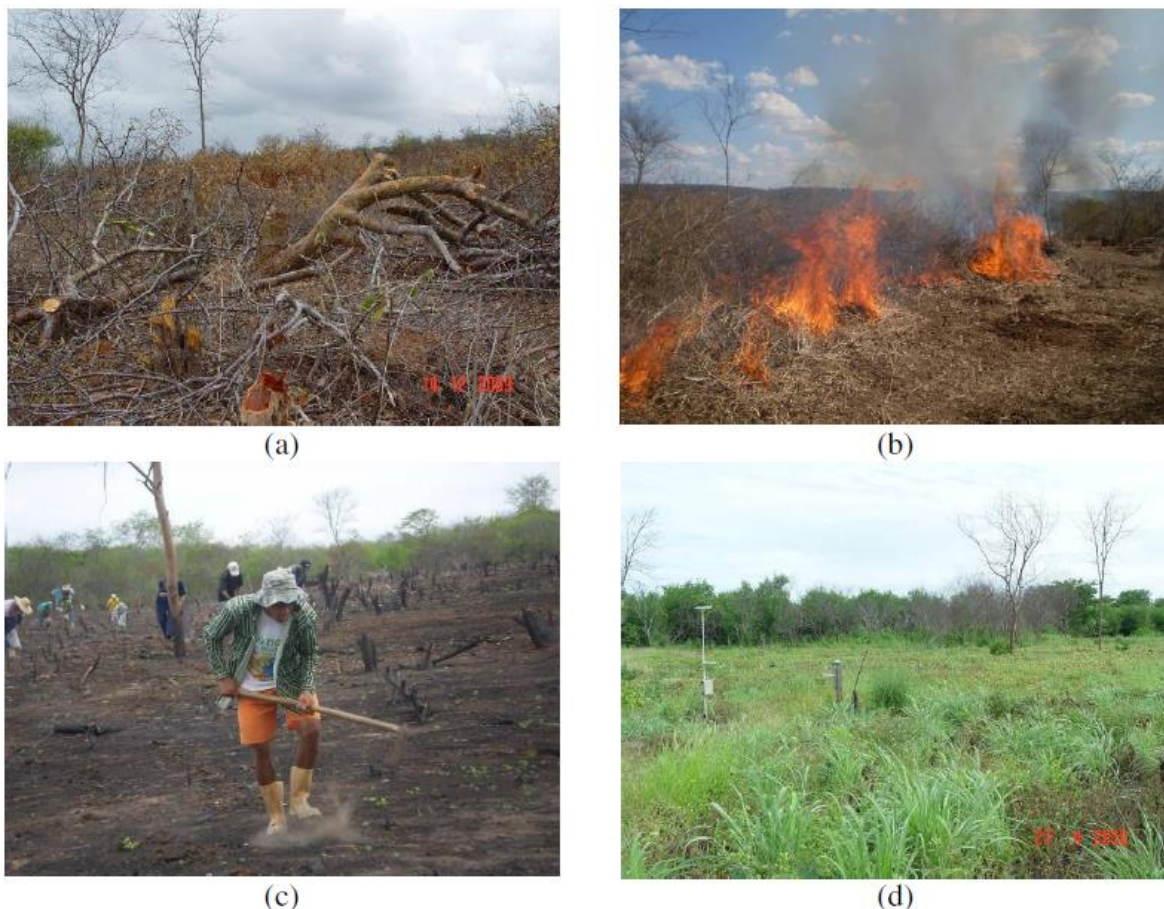
Figura 3 – Vegetação da microbacia raleada no período chuvoso (a) e período seco (b).



Fonte: Araujo Neto, 2012.

Na terceira microbacia em estudo, bacia de queima/ pastagem, iniciou-se seu manejo no ano de 2009 sendo realizado o desmatamento total da área, seguida da queima do material. No ano seguinte houve o plantio da gramínea andropogon (*Andropogon gayanus* Kunt) com o devido controle através de herbicidas seletivos, a fim de permitir o desenvolvimento apenas da cultura desejada. Na Figura 4 é possível visualizar a sequência do manejo, conforme pesquisa de Palácio (2011).

Figura 4 - Sequência do manejo da bacia queima/pastagem: desmatamento da área (a); queima da vegetação (b); plantio da gramínea andropogon (c); desenvolvimento da gramínea (d).



Fonte: Palácio (2011).

A região apresenta características climáticas do tipo BSw'h' (Semiárido quente), considerando a classificação climática proposta por Köppen e Geiger em 1928, variação de temperatura sempre superior a  $18^{\circ}\text{C}$ , considerando o mês mais frio, e média de precipitação é de  $864 \pm 304$  mm (média de 1932 a 2013). A precipitação pluviométrica na região concentra-se principalmente nos meses de janeiro a maio, sendo os maiores valores constatados no mês de março. As temperaturas médias mais altas ocorrem entre setembro e janeiro, relacionando-se com a forte insolação e baixa nebulosidade durante esse período (SANTOS et al., 2014; ARAUJO NETO, 2012).

O relevo é suave ondulado e o solo pouco profundo e pedregoso, sendo classificado como Vertissolo Ebânico Carbonático Típico. Em épocas secas o solo se contrai, e em épocas chuvosas, por sua forma plástica, facilmente se encharca, devido à presença elevada de silte (38,7%) e argila (32,2%) nas camadas superficiais e subsuperficiais (EMBRAPA, 2006; LOBATO et al, 2009; SANTOS et al, 2014).

O bioma característico do local é a Caatinga, especificamente, caatinga arbustiva - arbórea fechada, pois há uma predominância de vegetação do tipo caducifólia, cujas folhas são adaptadas naturalmente para caírem durante o período de poucas chuvas. (RODRIGUES et al. 2013).

#### 4.2 Coleta de dados

Cada microbacia foi equipada com estações hidroclimatológicas, com pluviômetros, calhas Parshall, sensores de temperatura do ar e do solo, sensores de umidade relativa do ar, umidade do solo e pluviógrafos automáticos. Todos esses dados são coletados por meio de uma plataforma de coleta de dados (PCD) instalada em cada microbacia e programada para obtenção de dados a intervalos de 5 minutos. Este intervalo de tempo foi determinado em função das altas intensidades de chuva que ocorrem na região com curta duração (RODRIGUES, 2009; ARAUJO NETO, 2012).

Para a medição pluviométrica, foram instaladas duas estações pluviográficas: uma estação compreendendo a microbacia nativa e a microbacia raleada e outra estação na microbacia de queima/pastagem. Utilizou-se para medição pluviógrafo de báscula e pluviômetros do tipo Ville de Paris.

Os dados de escoamento superficial são medidos por sensores capacitivos, funcionando como linígrafos instalados em um poço tranquilizador ao lado das calhas Parshall de cada bacia (Figura 4), formando um banco de dados dessas informações locais do período. Estes dados vêm sendo coletados desde o ano de 2009 até a presente data.

Figura 5 - Calha Parshall instalada em capo e poço tranquilizador para linígrafo.



Autor: Araujo Neto (2012).

Para a coleta relativa à produção de sedimentos suspensos em cada microbacia, foi instalada uma torre de coleta automática de sedimentos, de ramo ascendente, à montante da calha Parshall. Esta contém garrafas de 100 ml dispostas equidistantes a 7,5 cm, sendo a primeira a 15 cm do solo, sendo o ar liberado pelo sistema respirador (tubo transparente) que possui contato com a superfície no topo da torre (Figura 5).

Figura 6 - Torre coletora de sedimentos automático.



Autor: Rodrigues (2009)

As amostras foram coletadas logo após eventos de chuva, que geravam escoamento superficial, quando atingissem pelo menos um ponto na torre de sedimentos.

Também foram realizadas coletas em fossos instalados à montante da calha Parshall, para coleta da produção de sedimentos de arraste (Figura 6). Após as coletas, as amostras foram levadas ao Laboratório de água, solos e tecido vegetal (Labas), para realização das análises segundo metodologia descrita por Piveli e Kato (2005).

Figura 7 - Fosso coletor de sedimentos de arraste

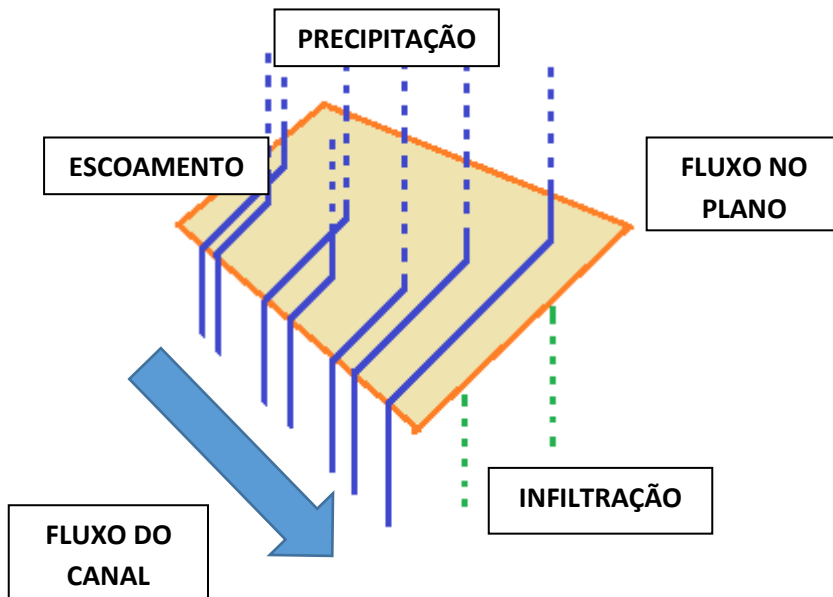


Autor: Santos (2011).

### 4.3 Modelagem da Bacia – Modelo KINEROS 2

O modelo utiliza os seguintes algoritmos: infiltração do solo, escoamento superficial no plano, escoamento superficial no canal, erosão nos planos e canais, como ilustrado na Figura 7.

Figura 8– Esquema de funcionamento do programa Kineros2



Fonte: Adaptado de USDA (2015).

#### 4.3.1 Modelagem para infiltração do solo

O processo de infiltração calculado pelo modelo permite uma redistribuição de água no solo, incluindo a recuperação da capacidade de infiltração durante os intervalos

entre as chuvas, determinando as taxas de infiltração durante e após esse intervalo sem chuva (SANTOS, 2008).

O modelo de infiltração descreve a capacidade de infiltração ( $f_c$ ) como uma função da profundidade infiltrada ( $I$ ) representada pela equação 2:

$$f_c = K_s \left[ 1 + \frac{\alpha}{e^{\frac{\alpha I}{B}} - 1} \right] \quad \text{Equação (2)}$$

Considerando  $K_s$  como a condutividade hidráulica efetiva do solo,  $\alpha$  representando o tipo de solo, o qual pode variar de 0 – 1 conforme sua classificação. O programa utiliza o valor de 0,85; que é o valor que melhor representa a maioria dos solos (Smith et al, 1993).

Para o cálculo de  $B = (G + h) (\Theta_s - \Theta_i)$ , em que  $G$  é o potencial efetivo de capilaridade,  $h$  (m) é a profundidade do fluxo, e  $\Delta\Theta = (\Theta_s - \Theta_i)$  é a variação de umidade de saturação no solo ( $m^3/m^3$ ).

#### 4.3.2 Modelagem para fluxo nos planos

O processo para cálculo do fluxo no plano, se visto em uma escala pequena, torna-se um processo extremamente complexo, no entanto em uma escala maior o fluxo nos planos é descrito como um processo unidimensional, onde pode-se aplicar a equação 3:

$$Q = ah^m \quad \text{Equação (3)}$$

Onde  $Q$  é a descarga por unidade de largura ( $m^2/s$ ) e  $h$  é o volume de água armazenado por unidade de área (m). O parâmetro  $a$  é calculado por  $a = S^{\frac{1}{2}}/n$  sendo  $S$  a declividade e  $n$  o coeficiente de rugosidade de Manning, e o segundo parâmetro é calculado por  $m = 5/3$ .

A equação 3 é resolvida juntamente com a equação da continuidade, equação 4:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(x,t) \quad \text{Equação (4)}$$

Onde  $t$  é o tempo (s),  $x$  é a distância ao longo do sentido da declividade e  $q(x,t)$  é o excesso de precipitação (m/s).

Logo, para a modelagem do fluxo nos planos substitui-se a equação 3 na equação 4.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + amh^{m-1} \frac{\partial h}{\partial x} = q(x, t) \quad \text{Equação (5)}$$

As equações de onda cinemática utilizadas pelo modelo são resolvidas utilizando um esquema implícito de diferenças finitas definido em quatro pontos, em relação à distância e ao tempo.

#### 4.3.3 Modelagem para fluxo nos canais

A equação 6 representa a equação da continuidade para um canal com entrada lateral de fluxo é:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(x, t) \quad \text{Equação (6)}$$

Onde  $A$  é a área da seção transversal ( $m^2$ ),  $Q$  é a vazão do canal e o  $q(x, t)$  é o fluxo lateral por unidade de comprimento do canal ( $m^2/s$ ). A relação entre a vazão no canal e a área de sua seção após a simplificação da onda cinemática é dada por:

$$Q = aR^{m-1}A \quad \text{Equação (7)}$$

Onde  $R$  é o raio hidráulico (m), o coeficiente  $a$  é calculado como sendo:  $a = S^{\frac{1}{2}}/n$  considerando que  $S$  é a declividade e  $n$  o coeficiente de rugosidade de Manning; e o coeficiente  $m$  é dado por:  $m = 5/3$ .

As equações de fluxo para os canais são resolvidas por uma técnica implícita definida em quatro pontos similar àquela para o fluxo nos planos, com a diferença que a incógnita agora é a área  $A$  e não a profundidade do fluxo  $h$  e que as mudanças geométricas devido à variação da profundidade devem ser consideradas.

#### 4.3.4 Modelagem da erosão nos planos e canais

A equação geral que descreve a dinâmica dos sedimentos dentro do fluxo é a equação de balanço de massa, similar àquela para fluxo de água (BENNETT, 1974):

$$\frac{\partial(A C_s)}{\partial t} + \frac{\partial(Q C_s)}{\partial x} - e(x, t) = q_s(x, t) \quad \text{Equação (8)}$$

Nos planos a erosão é modelada como sendo composta pelo somatório de dois componentes principais: a erosão provocada pelo impacto das gotas de chuva no solo e pela erosão hidráulica (interação entre a força de cisalhamento do fluxo e a tendência de deposição da partícula de solo sob efeito da gravidade).

A simulação do transporte de sedimentos para os canais é realizada de maneira semelhante à simulação do transporte de sedimento nos planos. A principal diferença nas equações é que a erosão por impacto das gotas de chuva é desprezada, e o termo  $q_s$  torna-se importante na representação da entrada de fluxo lateral.

As principais fórmulas foram apresentadas, no entanto destaca-se a pesquisa de Santos (2008), Daronco (2008) e Vieira (2011), para maiores detalhes a respeito das fórmulas e cálculos utilizados pelo modelo Kineros2.

#### **4.3.5 Dados de entrada do Modelo Kineros2:**

Para a utilização do programa Kineros2 é necessário realizar as seguintes etapas:

1. Selecionar os dados de precipitação do período a ser estudado;
2. Realizar o levantamento topográfico da bacia;
3. Realizar o levantamento do tipo de solo e cobertura vegetal do local;
4. Determinar os parâmetros da área da bacia e parâmetros físicos do solo;
5. Realizar a discretização da bacia em elementos planos e canais;
6. Montar os arquivos de entrada conforme exemplo dado pelo próprio programa para chuva e para solo.
7. Inserir os arquivos de entrada no programa e, a partir dos parâmetros mais sensíveis, realizar a calibração do modelo;
8. Realizar validação do modelo.

Para realizar a discretização das microbacias em estudo, utilizaram-se imagens e levou-se em consideração a homogeneidade do solo, declividade da área, linhas de fluxo e topografia.

Os parâmetros no modelo Kineros 2 se dividem em dois tipos: os parâmetros globais que contém as características físicas da bacia como um todo e os parâmetros distribuídos nos planos e canais.

Os parâmetros globais de entrada para o programa estão ilustrados na Figura 9.

Figura 9 – Representação da entrada dos parâmetros globais do programa Kineros2

```
BEGIN GLOBAL
  CLEN = 203.88,  UNITS = METRIC
  DIAMS = 0.150 ! mm
  DENSITY = 2.65 ! g/cc
  TEMP = 28 ! deg C
  Nele = 9
END GLOBAL
!-----
```

Fonte: USDA (2015).

Segue abaixo a descrição de cada item solicitado pelo programa no que se refere aos parâmetros globais.

- **Clen** – Comprimento característico, dado pelo comprimento do maior canal ou da maior cascata de planos.
- **Units** – Sistema de unidades utilizadas em todos os parâmetros (métrico ou inglês).
- **Diams (Diameters)** – Diâmetro representativo das partículas do solo.
- **Density** – Valor da massa específica das partículas do solo das classes acima citadas.
- **Temp (Temperature)** – Temperatura em graus Celsius ou Fahrenheit
- **Nele** – Quantidade de elementos discretizados na bacia, quantidade total de planos e canais.

Os parâmetros necessários para montar os arquivos referentes aos planos das microbacias estão representados na Figura 10.

Figura 10 - Representação da entrada dos dados dos planos do programa Kineros2

BEGIN PLANE

```
ID = 1, PR = 1, LEN = 90.03, WID = 53.64, SL = 0.106
MANNING = 0.02, RELIEF = 2, SPACING = 0.3
Interception = 0.9 !(mm)
Ca = 0.9
SAT = 0.8, CV = 1, KS = 0.15!(mm/h)
G = 350, Distribution = 0.150, Porosity = 0.479
Rock = 0.1
Pave = 0.0
Splash = 0.0001 ! cf
Cohesion = 0.00000001! Co
FRACT=1
PLOT H
```

END PLANE

!-----

Fonte: USDA (2015).

Segue abaixo a descrição de cada item solicitado pelo programa no que se refere aos parâmetros dos planos.

- **ID (Identifier)** – Identificação do plano;
- **Len (Legth)** – Comprimento do plano (metros ou pés);
- **Wid (Width)** – Largura do plano (metros ou pés);
- **Sl (Slope)** – Declividade;
- **Manning** – coeficiente de rugosidade de Manning;
- **Chezy** – coeficiente de Chezy;
- **Cv** – Coeficiente de variação da condutividade hidráulica saturada efetiva;
- **Thick** - Dimensões das camadas de solo (mm);
- **Sat. (Saturação)** – Saturação do solo antes do evento;
- **Pr** – Impressão dos resultados. Estas impressões variam de 0 a 3;

0 – Nenhuma impressão para o atual elemento (padrão).

1 – Resumo impresso para o elemento atual

2 – Resumo impresso após uma listagem de descarga no total de sedimentos

3 – Resumo impresso e criação de um arquivo com uma listagem das descargas de quitação do total de sedimentos gerados.

- **Relief** – Altura média do relevo da microbacia (milímetros ou polegadas);
- **Spacing** – Distância média do relevo da microtopografia (metros ou pés);
- **Ks** – Condutividade hidráulica saturada efetiva (mm/h ou polegadas/h);

- **G** – Valor efetivo do potencial da capilaridade do solo;
- **Dist (Distribuição)** – Índice de distribuição do tamanho dos poros;
- **Por (Porosidade)** – Porosidade do solo;
- **Rock** – Fração volumétrica de rochas;
- **Fract (Frações)** – Fração de cada classe de diâmetros representativos do solo;
- **Splash** – Representa a erosão causada pelo impacto das gotas de chuvas no solo;
- **Cohesion** – coeficiente de coesão do solo

Na Figura 11 observa-se a representação do arquivo para inserir os dados de entrada no programa, referente aos dados do canal.

Figura 11 - Representação da entrada dos dados dos canais do programa Kineros2

BEGIN CHANNEL

```

ID = 3, PR = 1, Lat = 1,2, LEN = 90.03, Type = S
WID = 1.23, SL = 0.087, MANNING = 0.03, SS1 = 1.00, SS2 = 1.00
! Qb = ?! Rwidth = ! Wcoeff = 0.15 ! thickness = infinito (somente uma camada)
Wool = yes
SAT = 0.8, CV = 1, KS = 0.15!(mm/h)
G = 350, Distribution = 0.150, Porosity = 0.479
Rock = 0.1
Pave = 0.0
Cohesion = 0.00000001! Co

FRACT=1

END CHANNEL
!-----

```

Fonte: USDA (2015).

Segue abaixo a descrição de cada item solicitado pelo programa no que se refere aos parâmetros dos canais.

- **ID (Identifier)** – Identificação do canal;
- **Lat (Lateral)** – Número de identificação dos planos que contribuem lateralmente para o canal.
- **Len (Legth)** – Comprimento do canal (metros ou pés);
- **Depth** – Profundidade do canal
- **Wid (Width)** – Largura do canal (metros ou pés);
- **SS1 e SS2** - Declividade lateral
- **Coh (Cohesion)** – coeficiente de coesão do solo
- **Fra (Frações)** – Fração de cada classe de diâmetros representativos do solo;

O modelo também define um exemplo para dados de entrada de chuva, representado na Figura 12. O programa aceita duas maneiras para formular esse arquivo de entrada, a primeira seria através de dados diários de chuvas, sendo os eventos cumulativos durante o período em análise, e a segunda maneira, utilizada nesta pesquisa, utiliza a intensidade dos eventos ( $\text{mm.h}^{-1}$ ), no qual somente o tempo é cumulativo. A quantidade de eventos medidos é identificado por N.

Figura 12 - Arquivo com dados de entrada de chuva.

```
BEGIN RG001
    N = 7
    TIME          INTENSITY
    ! (min)       (mm/h)
    0.0           0.00
    5.0           1.25
    10.0          61.00
    15.0          50.50
    20.0          32.00
    25.0          14.00
    30.0          0.00
END
```

Fonte: Autor (2015).

#### 4.3.6 Parâmetros a serem calibrados:

A partir de dados coletados em campo e dados armazenados dos anos anteriores de pluviometria, pode-se aplicar estas informações no programa Kineros2 e realizar os ajustes necessários no programa para calibração dos parâmetros mais sensíveis e possível validação do modelo.

Os dados de saída do programa foram confrontados com os dados coletados em campo e formulado tabelas no programa excel para análise crítica dos valores, a fim de verificar se o programa está realmente validado para as microbacias em estudo.

Segundo a pesquisa de Santos (2008), Paiva (2008) os parâmetros listados na seção anterior podem ser agrupados de três maneiras:

- Obtidos através de ensaios ou medições *in loco*
- Obtidos através de trabalhos desenvolvidos nas microbacias ou em áreas semelhantes.
- Obtidos através da calibração do programa

Os dados obtidos in loco são: Comprimento característico, Diâmetro, elementos a montante ou a jusante, comprimento, largura, declividade, fração da superfície ocupada por vegetação, coeficiente de variação da condutividade hidráulica efetiva, valor efetivo do potencial da capilaridade, porosidade e distribuição dos poros.

A temperatura de água foi considerada 28°C, que é a temperatura média da água encontrada nas bacias experimentais. A densidade considerada para os grãos foi 2,65g cm<sup>-3</sup>, referente ao grão de quartzo.

Os dados obtidos em literatura: Coeficiente de manning, coeficiente de Chezy Relevo, Espaçamento. Considerando pesquisa de Santos (2008) utilizou-se os parâmetros de topografia *relief* e *spacing*, 2 mm e 0,3 m respectivamente. Também, segundo o mesmo autor, os valores para o coeficiente de Manning 0,02 para planos e 0,03 para canais, coeficiente de Chezy 0,5.

Os dados que precisam de calibração são: Erosão pelo impacto da gota de chuva (*cf*), Coesão do solo (*co*), Condutividade Hidráulica saturada efetiva (*Ks*), Saturação inicial relativa do solo (*Si*), Carga de sedimentos (*G*).

Para realizar a calibração dos parâmetros sensíveis, iniciou-se utilizando os valores encontrados por Santos (2008), *cf* = 1; *co* = 0,0001; *Ks* = 3,65; *Si* = 0,829; *G* = 263. A partir desses valores através do método tentativa/erro, alterava-se uma das variáveis para valores acima ou para valores abaixo, a fim de aproximar ao máximo dos valores reais coletados em campo, o mesmo processo foi realizado para as demais variáveis, registro encontrado no anexo A.

Para a variável de condutividade hidráulica efetiva (*Ks*) foi aplicado os valores encontrados na pesquisa de Santos (2012) no arquivo global de cada microbacia. Para microbacia de Caatinga nativa *Ks* = 0,25, Manejo de Raleamento *Ks* = 0,20 e manejo de queima e pastagem *Ks* = 6,5. A partir desses valores utilizando também o método de tentativa/erro se alterou estes valores para cima ou para baixo, a fim de aproximar ao máximo dos valores reais coletados em campo, registro encontrado no anexo A.

#### **4.3.7 Discretização das microbacias**

Para realizar uma discretização em microbacias é necessário levar em consideração a homogeneidade do solo, declividade da área, linhas de fluxo e topografia.

Para o caso desta pesquisa observou-se em especial a declividade da área, já que as similaridades das características da área nos demais aspectos predominavam.

A partir de imagens construídas do modelo numérico do terreno (MNT), por dados levantados em campo por Araujo Neto (2012), obteve-se os limites das microbacias. Utilizando o programa computacional AutoCAD as três microbacias foram discretizadas manualmente, conforme a homogeneidade das suas características em subáreas. Obteve-se, assim, o valor da área total de cada subárea da bacia.

Cada uma destas subáreas foram transformadas em retângulos equivalentes à área calculada inicialmente no programa AutoCAD. Para isso, identificou-se o valor do comprimento do canal adjacente à área, e através da divisão da área pelo comprimento deste canal obteve-se a largura do retângulo.

Enumerou-se cada plano e canal a partir do fluxo da água, indicando o fluxo do trajeto da água dentro da microbacia, com a finalidade de formar uma cascata de planos a fim de montar os arquivos com dados de entrada conforme detalhado no item 4.3.5.

#### **4.3.8 Classificação da perda de solo FAO (1967)**

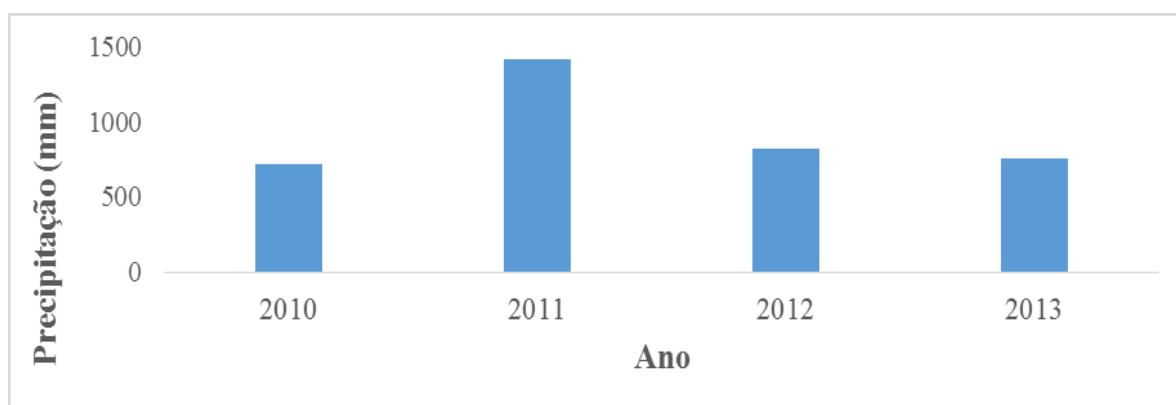
A partir dos resultados coletados em campo foi possível formular, no programa excel, tabelas comparativas com os resultados de perda de solo estabelecias pela FAO (1967) a fim de classificar a perda de solo nas microbacias e comparar com resultados de pesquisas em áreas semelhantes.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Índices pluviométricos e produção de sedimentos

Observam-se na Figura 13 os dados de precipitação no período de 2010 a 2013 coletados através dos pluviômetros instalados na área experimental. Durante o período de estudo percebeu-se que apenas o ano de 2011 apresentou pluviosidade acima da média histórica da região, de acordo com Santos (2011) essa média gira em torno de 304 a  $\pm$  867 mm, e este ano apresentou um total de 1.416,8 mm. Os demais anos apresentaram os seguintes valores: 2010 com 717,4 mm, 2012 com 817,5 mm, 2013 com 755 mm.

Figura 13 - Índice pluviométrico anual no período de 2010 a 2013.

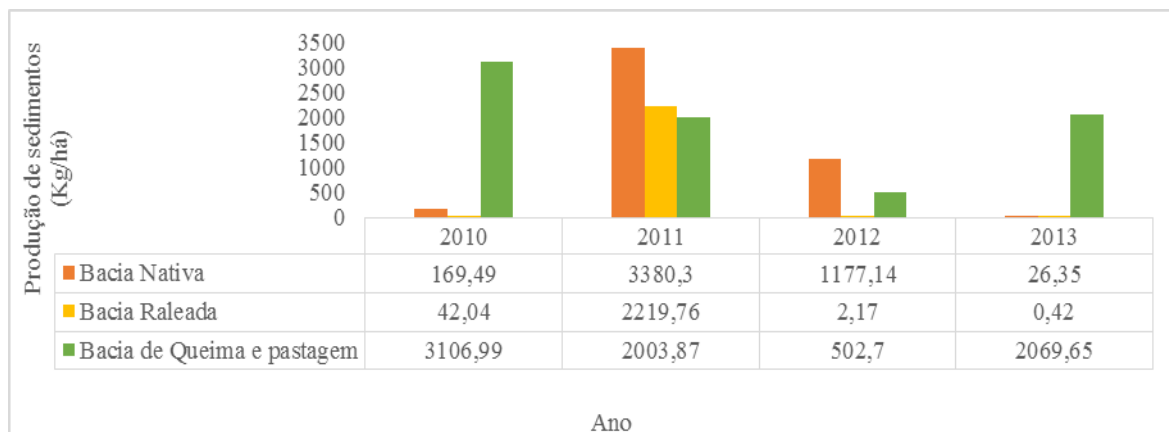


Fonte: Autor, (2016).

Ribeiro Filho (2016) em estudo realizado na região comenta sobre os dados pluviométricos, ressalta dos eventos de precipitação ocorridos no período de 2010 a 2015, apenas 40 destes registraram precipitação efetiva, ou seja, uma parcela de chuva que produz escoamento superficial, e destas 40 ocorrências, 23, 25 e 18 eventos produziram sedimentos nas respectivas bacias: nativa, raleada e de manejo de queima e pastagem.

Na figura 14 é destacado um resumo com a produção de sedimentos nas microbacias experimentais com os diferentes manejos. Sendo possível observar uma relação diretamente proporcional entre o volume precipitado e a produção de sedimentos, em especial para o ano de 2011, o qual possuiu maior volume precipitado e maior produção de sedimentos nas três microbacias.

Figura 14 - Produção total de sedimentos nas microbacias experimentais no período de 2010 a 2013.



Fonte: Autor (2016).

Palácio (2011) explica que a elevada produção de sedimentos na microbacia de queima/pastagem em relação às demais no ano de 2010, ocorreu em resposta ao recente manejo aplicado na microbacia durante este ano, cuja vegetação cultivada (gramínea *Andropogon gayanus* Kunt) não estava plenamente consolidada durante coleta de dados.

O ano de 2013 foi um dos períodos de maior seca na região, as chuvas não foram consideradas erosivas, logo houve baixos índices de perda de solo nas bacias nativa e raleada. Porém percebe-se que o manejo de queima e pastagem é o que apresenta maiores índices na produção de sedimentos, com 2069,65 Kg.ha<sup>-1</sup>, atribuindo-se este fato ao manejo aplicado na área.

Contudo, vale ressaltar que nem todos os eventos de chuva registrados neste período houve produção de sedimentos, conforme registrado na Tabela 2, pois este fato ocorre somente se atender a alguns fatores, por exemplo, que intensidade da chuva seja superior à capacidade de infiltração do solo ou que a umidade do solo atinja a sua saturação total. Nota-se que as chuvas serão consideradas erosivas e individuais desde que sejam maiores ou iguais a 10 mm ou maiores ou iguais a 6,0 mm, desde que ocorram em, no máximo, 15 min e separadas entre si por um período de no mínimo 6 h com uma lâmina de chuva de 1,0 mm ou menos (WISCHMEIER & SMITH, 1978; ALMEIDA, 2009).

Tabela 2 – Relação entre o total de eventos de chuva e a quantidade de eventos com produção e sedimentos.

| Ano  | Total de eventos de chuva | Eventos com produção de sedimentos |               |                            |
|------|---------------------------|------------------------------------|---------------|----------------------------|
|      |                           | Bacia Nativa                       | Bacia Raleada | Bacia de Queima e pastagem |
| 2010 | 26                        | 7                                  | 8             | 14                         |
| 2011 | 61                        | 35                                 | 35            | 39                         |
| 2012 | 26                        | 13                                 | 9             | 8                          |
| 2013 | 21                        | 1                                  | 2             | 11                         |

Fonte: Autor (2016).

Analizando a Tabela 2, do total de 134 eventos de precipitação registrados nas microbacias, 56 eventos produziram sedimentos na bacia de caatinga nativa, 54 eventos na bacia raleada e 72 eventos na bacia com manejo de queima e pastagem.

A pesquisa de Ribeiro Filho (2016) considera menos eventos neste período, pois o autor desconsiderou os valores de produção de sedimentos inferiores a  $1,0 \text{ Kg.ha}^{-1}$ . E na presente pesquisa levou-se em consideração até os menores valores a fim de verificar o desempenho do programa Kíneros 2 para diversas estimativas.

Os baixos valores na produção de sedimentos na bacia de manejo raleada são atribuídos ao fato da vegetação herbácea reter mais água que as demais bacias, promovendo menor lamina de escoamento superficial, maior taxa de infiltração e maior umidade no solo (RODRIGUES et al, 2013). Os autores também ressaltam que além da cobertura vegetal, os restos culturais deixados sobre o solo contribuíram para a dissipação da energia das gotas de chuva sobre o solo, favorecendo a retenção de água no sistema.

O autor Araujo Neto (2012) corrobora com estes resultados, tendo em vista sua pesquisa na mesma região, pois observou que este tipo de manejo é eficaz em reduzir o escoamento superficial na área, fator diretamente relacionado para a produção de sedimentos.

Em relação à microbacia com manejo de queima e pastagem, Palácio (2011) constatou a elevada perda de solo em sua pesquisa, associando este fato a ausência de matéria orgânica após a queima e a consequente exposição do solo, resultado semelhante ao encontrado nessa pesquisa.

## 5.2 Classificação de perda de solo FAO (1967)

Com relação à perda de solo estabelecida pela FAO (1967), observamos que as três microbacias apresentam classificação baixa (Tabela 3), porque possuem valores de perda inferiores a  $10 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Tabela 3 – Perda de solo média nas microbacias e a classificação da FAO (1967).

|                            | Perda de Solo Média<br>( $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ) | Classificação FAO (1967) |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Bacia Nativa               | 1,18832                                                         | Baixa                    |
| Bacia Raleada              | 0,56609                                                         | Baixa                    |
| Bacia de Queima e Pastagem | 1,9208                                                          | Baixa                    |

Fonte: Autor (2016).

Os autores Lobato et al (2009), que também desenvolveram pesquisas relacionadas sobre este assunto, confirmam as diferentes perdas de solo nesta região, proporcional ao manejo aplicado em cada microbacia, e do mesmo modo, as perdas também foram inferiores a  $10 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Os autores Santos et al (2011) ao realizarem estudo em área similar sobre a perda de solo em comparação aos parâmetros estabelecidos pela FAO (1967), perceberam que em uma encosta de pousio, a erosividade anual e a perda de solo foi considerada baixa, com valores respectivos de  $5716,4 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  e  $2166,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Na bacia experimental do rio Guaíras, na Paraíba, Silva et al (2007) identificaram perdas de solo baixas, entre 1 e  $2 \text{ ton. ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , percebendo-se uma similaridade na região dessa pesquisa com as microbacias experimentais de Iguatu.

Ao analisar outra região, na bacia do Rio Campinas, no nordeste de Santa Catarina, os autores Guimarães, et al (2011) identificaram que 97,7% da área em estudo apresentou, conforme classificação da FAO (1987), nenhuma ou ligeira perda de solo, destacando o importante papel da cobertura vegetal nesta microbacia.

Vieira et al (2013) encontraram relação direta com as perdas de solo e a cobertura vegetal, mostrando em sua pesquisa elevados valores de perda de solo na bacia do rio Cedro em Minas Gerais. 38,67% do local de estudo apresenta perda entre 10 a  $50 \text{ ton. ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  em consequência do grande número de áreas sem nenhum manejo de

conservação. Os resultados dessa pesquisa também confirmam a influência do manejo com a perda de solo.

### 5.3 Discretização das microbacias

Para a discretização, considera-se que cada plano compreende uma área de escoamento, e para sua divisão levou-se em consideração a homogeneidade das características do solo, a declividade média, e as linhas de fluxo, para a identificação de áreas homogêneas.

Com base na discretização realizada nas microbacias obteve-se os seguintes resultados para os planos e canais expostos nas Tabelas 4, 5 e 6. Inicialmente a microbacia com manejo de caatinga nativa foi subdividida em nove elementos: seis planos e três canais, com área total de 20.642,94 m<sup>2</sup>. A microbacia de manejo do raleamento foi subdividida em três elementos: dois planos e um canal, com área total de 11.500,2 m<sup>2</sup>. A microbacia com manejo de queima e pastagem foi subdividida em 9 elementos: 6 planos e 3 canais, com área total de 28.013,68 m<sup>2</sup>.

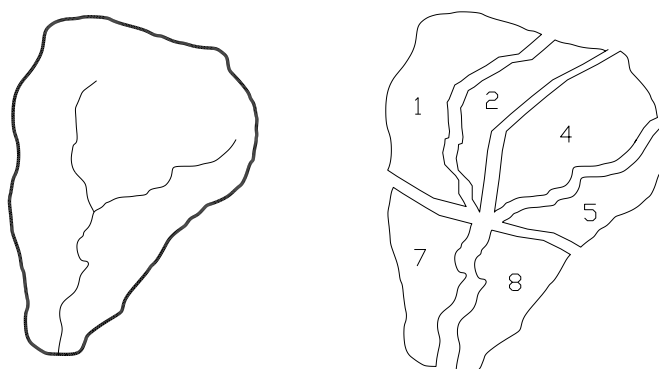
Tabela 4 - Discretização da microbacia referente ao manejo de caatinga nativa.

| Elemento | Tipo  | Área (m <sup>2</sup> ) | Largura (m) | Comprimento (m) |
|----------|-------|------------------------|-------------|-----------------|
| 1        | Plano | 4829,12                | 53,64       | 90,03           |
| 2        | Plano | 2482,39                | 27,57       | 90,03           |
| 3        | Canal | -                      | -           | 90,03           |
| 4        | Plano | 4913,63                | 47,42       | 103,61          |
| 5        | Plano | 2331,88                | 22,51       | 103,61          |
| 6        | Canal | -                      | -           | 103,61          |
| 7        | Plano | 3111,4                 | 31,03       | 100,27          |
| 8        | Plano | 2974,52                | 29,67       | 100,27          |
| 9        | Canal | -                      | -           | 100,27          |

Fonte: Autor (2016).

Na Figura 15 mostra a discretização da microbacia realizada no AutoCad. Os itens 3, 6 e 9 foram omitidos da figura, estes itens representam os canais existentes entre os planos. As subáreas foram enumeradas conforme segue o fluxo da água dentro da microbacia.

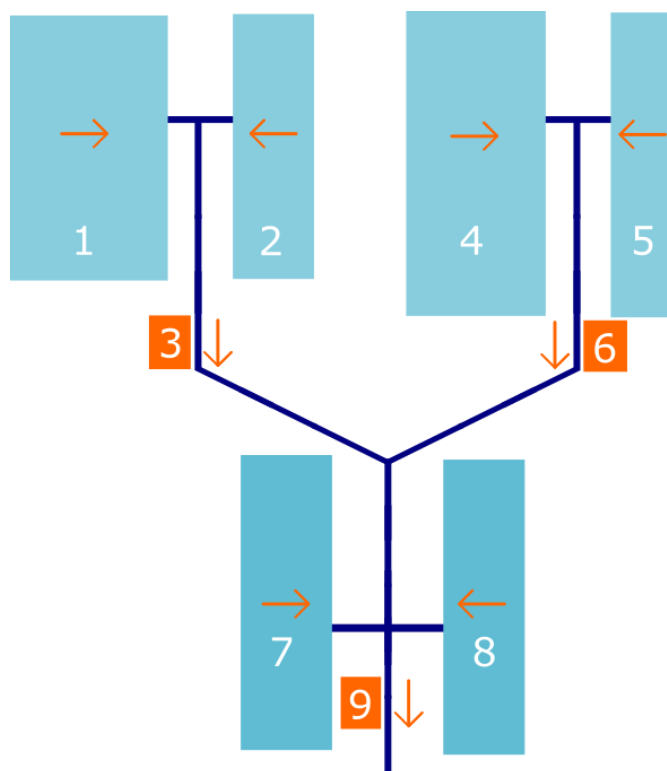
Figura 15 – Discretização da microbacia nativa.



Fonte: Autor (2016).

Na Figura 16, se pode observar o esquema representativo como cascata de planos da microbacia nativa.

Figura 16 - Esquema gráfico dos planos e canais da microbacia nativa.



Fonte: Autor (2016).

Na Tabela 5, observa-se os valores das áreas dos respectivos planos e canais referentes à microbacia raleada.

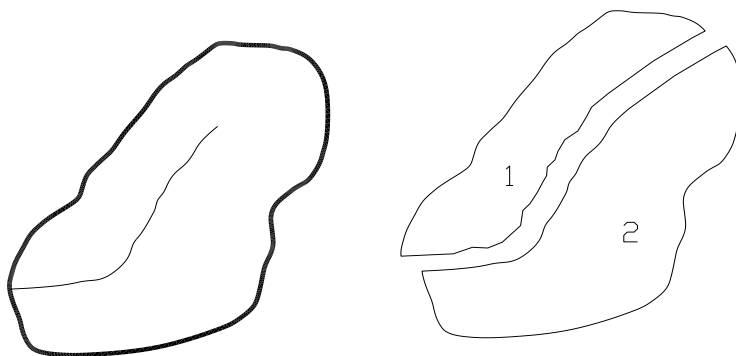
Tabela 5 - Discretização da microbacia referente ao manejo de raleamento.

| Elemento | Tipo  | Área (m <sup>2</sup> ) | Largura (m) | Comprimento (m) |
|----------|-------|------------------------|-------------|-----------------|
| 1        | Plano | 4273,49                | 34,70       | 123,15          |
| 2        | Plano | 7226,71                | 58,68       | 123,15          |
| 3        | Canal | -                      | -           | 123,15          |

Fonte: Autor (2016).

Na Figura 17 apresenta-se a discretização da microbacia realizada no AutoCad. O item 3 foi omitido da figura, este representa o canal existentes entre os planos. As subáreas foram enumeradas conforme segue o fluxo da água dentro da microbacia.

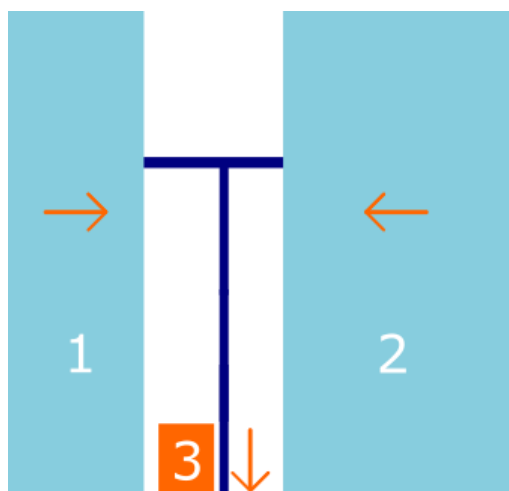
Figura 17 – Discretização da microbacia com manejo de raleamento.



Fonte: Autor (2016).

Na Figura 18, percebe-se o esquema representativo como cascata de planos da microbacia raleada.

Figura 18 - Esquema de planos e canais da microbacia com manejo de raleamento.



Fonte: Autor (2016).

A tabela 6 expõe os valores das áreas, largura e comprimento dos respectivos planos e canais referentes à microbacia de manejo de queima e pastagem.

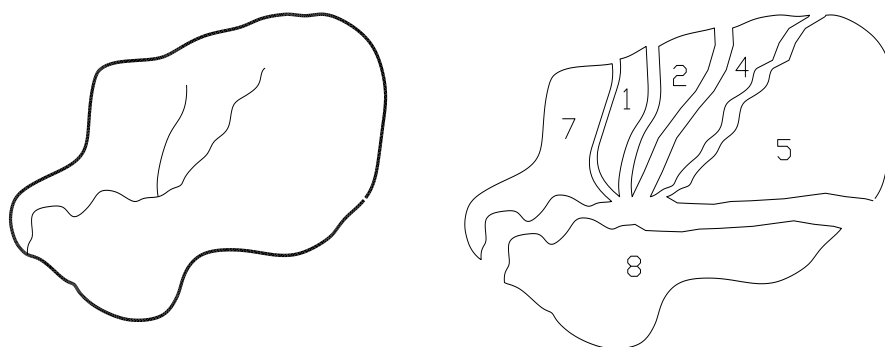
Tabela 6 - Discretização da microbacia referente ao manejo de queima e pastagem.

| Elemento | Tipo  | Área (m <sup>2</sup> ) | Largura (m) | Comprimento (m) |
|----------|-------|------------------------|-------------|-----------------|
| 1        | Plano | 1418,69                | 19,96       | 71,09           |
| 2        | Plano | 1692,06                | 23,80       | 71,09           |
| 3        | Canal | -                      | -           | 71,09           |
| 4        | Plano | 2227,5                 | 21,05       | 105,82          |
| 5        | Plano | 9650,21                | 91,19       | 105,82          |
| 6        | Canal | -                      | -           | 105,82          |
| 7        | Plano | 4107,48                | 34,60       | 118,7           |
| 8        | Plano | 8917,74                | 75,13       | 118,7           |
| 9        | Canal | -                      | -           | 118,70          |

Fonte: Autor (2016).

Na Figura 19 mostra a discretização da microbacia realizada no AutoCad. Os itens 3, 6 e 9 foram omitidos da figura, estes itens representam os canais existentes entre os planos. As subáreas foram enumeradas conforme segue o fluxo da água dentro da microbacia.

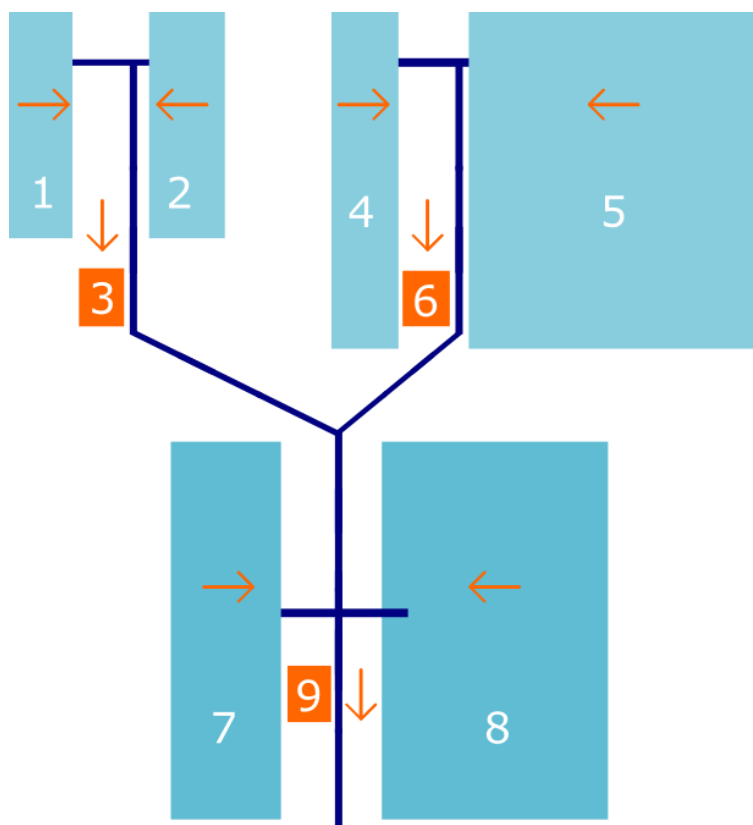
Figura 19 – Discretização da microbacia com manejo de queima e pastagem.



Fonte: Autor (2016).

Na Figura 20, percebe-se o esquema representativo como cascata de planos da microbacia com manejo de queima e pastagem.

Figura 20 - Esquema de planos e canais da microbacia com manejo de queima e pastagem.



Fonte: Autor (2016).

#### 5.4 Aplicação do modelo Kineros 2

A aplicação do programa Kineros 2 exigiu a calibração de alguns parâmetros mais sensíveis citados no item 4.3.6 e por cada bacia possuir manejos diferentes, os parâmetros de calibração para cada situação também possuíram resultados diferentes.

Na calibração dos parâmetros sensíveis ( $cf$ ,  $co$ ,  $Ks$ ,  $Si$  e  $G$ ), os valores testados estão representados no anexo A, a partir dos melhores resultados encontrados, selecionou-se os valores ideais para estes parâmetros com o objetivo de aplica-los nas simulações do programa nos anos de 2010, 2011, 2012 e 2013.

Os valores dos parâmetros apresentados na Tabela 7 foram escolhidos tendo por bases os valores considerados aceitáveis, seguindo mesma faixa estabelecida na pesquisa de Santos (2008), o qual considerou um evento calibrado aquele que não ultrapassasse a metade ou duas vezes o valor observado, ou seja, entre 0,5 e 2,0 vezes o valor observado.

Tabela 7 – Valores calibrados dos parâmetros sensíveis para cada microbacia.

| Parâmetros                                                          | Valores Calibrados |                    |                            |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
|                                                                     | Bacia Nativa       | Bacia Raleada      | Bacia de Queima e pastagem |
| Erosão pelo impacto da gota de chuva (cf)                           | $1 \times 10^{-4}$ | $1 \times 10^{-4}$ | $1 \times 10^{-1}$         |
| Coesão do solo (co)                                                 | $1 \times 10^{-8}$ | $1 \times 10^{-8}$ | $3 \times 10^{-5}$         |
| Condutividade Hidráulica saturada efetiva (Ks) - mm.h <sup>-1</sup> | 0,15               | 0,25               | 10,5                       |
| Saturação inicial relativa do solo (Si) - %                         | 0,80               | 0,85               | 0,99                       |
| Carga de sedimentos (G) - mm                                        | 350                | 350                | 300                        |

Fonte: Autor (2016).

Inicialmente testou-se os valores de Ks obtidos na pesquisa de Santos (2012) de 0,25 mm.h<sup>-1</sup> para bacia nativa, de 0,20 mm.h<sup>-1</sup> para bacia raleada e 6,5 mm.h<sup>-1</sup> para bacia de queima e pastagem. Todavia, observou-se que, para o programa Kineros 2, os resultados de Ks que ofereceram melhores resultados aceitáveis nas bacias nativa, raleada e de queima e pastagem foram de 0,15 mm.h<sup>-1</sup>, 0,25 mm.h<sup>-1</sup>, 10,5 mm.h<sup>-1</sup> respectivamente.

Após escolha dos valores apropriados para os parâmetros sensíveis, realizou-se os testes para validação do programa para os principais eventos de 2010 a 2013, expostos nas respectivas tabelas 8, 9 e 10. As datas e os valores de perda em destaque, mostram os que se mantiveram dentro da faixa aceitável previamente estabelecida.

Tabela 8 – Resultado comparativo da perda de solo real e estimada pelo programa Kineros 2 nas três microbacias no ano 2010.

| Principais eventos |            | Perda de Solo Real<br>Kg.ha <sup>-1</sup> | Perda de Solo Kineros<br>Kg.ha <sup>-1</sup> |
|--------------------|------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Caatinga Nativa    | 10/02/2010 | 0,05                                      | 0,37                                         |
|                    | 15/02/2010 | 0,34                                      | 0,22                                         |
|                    | 27/03/2010 | 0,03                                      | 0,05                                         |
|                    | 29/03/2010 | 0,29                                      | 0,21                                         |
|                    | 11/04/2010 | 0,08                                      | 0,30                                         |
|                    | 19/04/2010 | 111,94                                    | 0,07                                         |
|                    | 30/04/2010 | 56,78                                     | 0,11                                         |
| Caatinga Raleada   | 10/02/2010 | 0,22                                      | 0,30                                         |
|                    | 15/02/2010 | 0,38                                      | 0,26                                         |
|                    | 27/03/2010 | 17,29                                     | 0,14                                         |
|                    | 29/03/2010 | 1,81                                      | 0,14                                         |
|                    | 11/04/2010 | 5,92                                      | 0,62                                         |

|                             |            |         |       |
|-----------------------------|------------|---------|-------|
| Manejo de Queima e Pastagem | 16/04/2010 | 0,34    | 0,05  |
|                             | 19/04/2010 | 0,68    | 0,24  |
|                             | 30/04/2010 | 15,39   | 0,27  |
|                             | 20/01/2010 | 1,73    | 76,83 |
|                             | 27/01/2010 | 0,28    | 39,23 |
|                             | 08/02/2010 | 0,50    | 9,28  |
|                             | 10/02/2010 | 955,48  | 98,75 |
|                             | 15/02/2010 | 1298,70 | 81,72 |
|                             | 21/03/2010 | 37,54   | 97,73 |
|                             | 27/03/2010 | 128,26  | 78,60 |
|                             | 28/03/2010 | 35,96   | 11,41 |
|                             | 29/03/2010 | 48,86   | 31,33 |
|                             | 11/04/2010 | 108,06  | 72,56 |
|                             | 16/04/2010 | 1,91    | 27,86 |
|                             | 19/04/2010 | 357,46  | 64,11 |
|                             | 30/04/2010 | 132,01  | 83,09 |
|                             | 05/05/2010 | 0,24    | 19,31 |

Fonte: Autor (2016).

No ano de 2010, observou-se que para bacia de caatinga nativa, de sete eventos de chuvas com produção de sedimentos, três eventos estão dentro da faixa aceitável, para a bacia raleada, de oito eventos de chuvas com produção de sedimentos, dois eventos aceitáveis e para bacia com manejo de queima e pastagem, dos 14 eventos de chuvas com produção de sedimentos, quatro eventos aceitáveis.

Utilizando dados pluviométricos do ano de 2010, Cabral et al. (2013) analisou a produção de sedimentos na bacia do rio Jacarecica em Alagoas com o modelo KINEROS 2, observando a influência da vegetação para a redução na produção de sedimentos, diferentemente dos resultados que encontramos, observaram que a aplicação do modelo KINEROS2 é aceitável e a sua vinculação ao SIG é importante para identificação e análise das principais áreas de produção de sedimentos na bacia deste rio, sendo considerado uma ferramenta propícia para simulação da produção de sedimentos em bacias hidrográficas do nordeste brasileiro.

Os resultados das simulações do programa no ano de 2011 estão representados na tabela 09.

Tabela 9 – Resultado comparativo da perda de solo real e estimada pelo programa Kinos 2 nas três microbacias no ano 2011.

|                     | Principais eventos | Perda de Solo Real<br>Kg.ha <sup>-1</sup> | Perda de Solo Kinos<br>Kg.ha <sup>-1</sup> |
|---------------------|--------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Caatinga Nativa     | 21/01/2011         | 0,05                                      | 0,25                                       |
|                     | 24/01/2011         | 0,06                                      | 0,36                                       |
|                     | 28/01/2011         | 0,08                                      | 0,43                                       |
|                     | 30/01/2011         | 0,15                                      | 0,07                                       |
|                     | 31/01/2011         | 0,23                                      | 0,18                                       |
|                     | 01/02/2011         | 433,40                                    | 0,17                                       |
|                     | 02/02/2011         | 1,11                                      | 0,95                                       |
|                     | 04/02/2011         | 0,05                                      | 0,02                                       |
|                     | 05/02/2011         | 0,07                                      | 0,01                                       |
|                     | 09/02/2011         | 0,03                                      | 0,08                                       |
|                     | 18/02/2011         | 0,04                                      | 0,23                                       |
|                     | 20/02/2011         | 0,36                                      | 0,41                                       |
|                     | 28/02/2011         | 377,21                                    | 1,20                                       |
|                     | 23/03/2011         | 0,08                                      | 0,06                                       |
|                     | 06/04/2011         | 0,31                                      | 0,17                                       |
|                     | 11/04/2011         | 0,17                                      | 0,04                                       |
|                     | 13/04/2011         | 0,49                                      | 0,01                                       |
|                     | 15/04/2011         | 0,94                                      | 0,02                                       |
|                     | 16/04/2011         | 1,02                                      | 0,17                                       |
|                     | 17/04/2011         | 0,17                                      | 0,38                                       |
|                     | 18/04/2011         | 0,45                                      | 0,06                                       |
|                     | 19/04/2011         | 427,67                                    | 0,19                                       |
|                     | 21/04/2011         | 21,98                                     | 0,03                                       |
|                     | 23/04/2011         | 165,56                                    | 0,79                                       |
|                     | 25/04/2011         | 342,16                                    | 0,17                                       |
|                     | 27/04/2011         | 0,09                                      | 0,01                                       |
|                     | 30/04/2011         | 197,29                                    | 0,10                                       |
|                     | 02/05/2011         | 2,32                                      | 0,14                                       |
|                     | 03/05/2011         | 476,92                                    | 0,43                                       |
|                     | 04/05/2011         | 24,65                                     | 0,16                                       |
|                     | 05/05/2011         | 695,04                                    | 0,14                                       |
|                     | 06/05/2011         | 86,03                                     | 0,52                                       |
|                     | 17/05/2011         | 0,09                                      | 0,03                                       |
|                     | 18/05/2011         | 124,27                                    | 0,17                                       |
|                     | 19/05/2011         | 0,16                                      | 0,04                                       |
| Caatinga<br>Raleada | 21/01/2011         | 0,03                                      | 0,00                                       |
|                     | 24/01/2011         | 0,12                                      | 0,73                                       |
|                     | 26/01/2011         | 0,19                                      | 0,17                                       |

|                             |            |        |       |
|-----------------------------|------------|--------|-------|
|                             | 28/01/2011 | 1,00   | 0,33  |
|                             | 30/01/2011 | 0,54   | 0,14  |
|                             | 31/01/2011 | 0,25   | 0,06  |
|                             | 01/02/2011 | 396,68 | 0,33  |
|                             | 02/02/2011 | 0,47   | 0,57  |
|                             | 04/02/2011 | 0,10   | 0,04  |
|                             | 05/02/2011 | 11,20  | 0,03  |
|                             | 18/02/2011 | 0,36   | 0,30  |
|                             | 20/02/2011 | 0,49   | 0,33  |
|                             | 28/02/2011 | 2,46   | 0,86  |
|                             | 23/03/2011 | 0,08   | 0,10  |
|                             | 06/04/2011 | 1,94   | 0,33  |
|                             | 11/04/2011 | 0,20   | 0,27  |
|                             | 12/04/2011 | 0,12   | 0,52  |
|                             | 13/04/2011 | 2,76   | 0,03  |
|                             | 15/04/2011 | 2,70   | 0,05  |
|                             | 16/04/2011 | 1,11   | 0,30  |
|                             | 17/04/2011 | 0,35   | 0,14  |
|                             | 18/04/2011 | 0,43   | 0,35  |
|                             | 19/04/2011 | 273,03 | 0,26  |
|                             | 21/04/2011 | 51,28  | 0,07  |
|                             | 23/04/2011 | 245,85 | 0,50  |
|                             | 25/04/2011 | 140,43 | 0,37  |
|                             | 27/04/2011 | 0,18   | 0,03  |
|                             | 30/04/2011 | 178,98 | 0,16  |
|                             | 02/05/2011 | 0,09   | 0,14  |
|                             | 03/05/2011 | 455,39 | 0,41  |
|                             | 04/05/2011 | 34,06  | 0,15  |
|                             | 05/05/2011 | 331,29 | 0,21  |
|                             | 06/05/2011 | 24,20  | 0,51  |
|                             | 18/05/2011 | 29,26  | 0,17  |
|                             | 19/05/2011 | 32,13  | 0,05  |
| Manejo de Queima e Pastagem | 21/01/2011 | 1,42   | 2,31  |
|                             | 22/01/2011 | 0,13   | 3,18  |
|                             | 24/01/2011 | 18,53  | 50,85 |
|                             | 26/01/2011 | 0,12   | 7,64  |
|                             | 28/01/2011 | 7,36   | 36,73 |
|                             | 30/01/2011 | 70,18  | 48,08 |
|                             | 31/01/2011 | 0,70   | 15,42 |
|                             | 01/02/2011 | 240,32 | 90,30 |
|                             | 02/02/2011 | 10,15  | 12,55 |
|                             | 04/02/2011 | 0,27   | 7,66  |
|                             | 05/02/2011 | 16,43  | 24,11 |

---

|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| 09/02/2011 | 0,38   | 17,37  |
| 18/02/2011 | 0,09   | 17,48  |
| 20/02/2011 | 0,54   | 29,58  |
| 28/02/2011 | 156,53 | 40,15  |
| 09/03/2011 | 0,10   | 12,42  |
| 23/03/2011 | 0,20   | 56,39  |
| 06/04/2011 | 0,16   | 62,35  |
| 11/04/2011 | 0,37   | 48,40  |
| 12/04/2011 | 0,15   | 28,08  |
| 13/04/2011 | 32,93  | 14,95  |
| 15/04/2011 | 4,46   | 26,15  |
| 16/04/2011 | 30,05  | 18,42  |
| 17/04/2011 | 0,12   | 11,16  |
| 18/04/2011 | 0,15   | 81,38  |
| 19/04/2011 | 159,92 | 24,29  |
| 21/04/2011 | 40,33  | 38,46  |
| 23/04/2011 | 146,30 | 76,96  |
| 25/04/2011 | 241,94 | 87,75  |
| 27/04/2011 | 14,99  | 16,19  |
| 30/04/2011 | 131,27 | 81,98  |
| 02/05/2011 | 0,17   | 2,37   |
| 03/05/2011 | 224,94 | 98,56  |
| 04/05/2011 | 52,42  | 15,22  |
| 05/05/2011 | 198,95 | 104,19 |
| 06/05/2011 | 108,11 | 27,85  |
| 17/05/2011 | 0,06   | 34,62  |
| 18/05/2011 | 44,09  | 52,75  |
| 19/05/2011 | 48,54  | 27,51  |

---

Fonte: Autor (2016).

Analisando as simulações realizadas para o ano de 2011, observou-se que para bacia de caatinga nativa, de 35 eventos de chuvas com produção de sedimentos, oito eventos estão dentro da faixa aceitável, para a bacia raleada, de 35 eventos de chuvas com produção de sedimentos, oito eventos aceitáveis e para bacia com manejo de queima e pastagem, dos 39 eventos de chuvas com produção de sedimentos, 12 eventos aceitáveis.

Santos et al. (2004) utilizou 107 eventos entre 1999 e 2003 na bacia experimental do Cariri, em área desmatada e área coberta com vegetação rasteira e obteve resultados positivos com o programa Kineros 2, considerando alguns parâmetros chaves para a calibração deste modelo, a exemplo o índice de saturação fixado em 0,847 e o

potencial efetivo da capilaridade fixado em 260. O número de eventos é simulações realizadas podem ter comprometido um resultado satisfatório do programa.

Os resultados das simulações do programa para o ano de 2012 estão representados na tabela 10.

Tabela 10 – Resultado comparativo da perda de solo real e estimada pelo programa Kinneros 2 nas três microbacias no ano 2012.

|                             | Principais eventos | Perda de Solo Real<br>Kg.ha <sup>-1</sup> | Perda de Solo Kinneros<br>Kg.ha <sup>-1</sup> |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Caatinga Nativa             | 21/01/2012         | 0,07                                      | 0,01                                          |
|                             | 23/01/2012         | 0,06                                      | 0,08                                          |
|                             | 19/02/2012         | 388,55                                    | 0,04                                          |
|                             | 24/02/2012         | 593,91                                    | 0,27                                          |
|                             | 27/02/2012         | 80,44                                     | 0,02                                          |
|                             | 04/03/2012         | 0,35                                      | 0,32                                          |
|                             | 26/03/2012         | 0,37                                      | 0,21                                          |
|                             | 27/03/2012         | 75,46                                     | 0,10                                          |
|                             | 29/03/2012         | 0,10                                      | 0,11                                          |
|                             | 02/04/2012         | 37,54                                     | 0,05                                          |
|                             | 04/04/2012         | 0,18                                      | 0,09                                          |
|                             | 20/04/2012         | 0,04                                      | 0,05                                          |
|                             | 21/04/2012         | 0,06                                      | 0,02                                          |
| Caatinga Raleada            | 23/01/2012         | 0,18                                      | 0,25                                          |
|                             | 19/02/2012         | 0,04                                      | 0,08                                          |
|                             | 24/02/2012         | 0,28                                      | 0,35                                          |
|                             | 26/03/2012         | 0,76                                      | 0,41                                          |
|                             | 27/03/2012         | 0,20                                      | 0,30                                          |
|                             | 29/03/2012         | 0,033                                     | 0,35                                          |
|                             | 02/04/2012         | 0,28                                      | 0,12                                          |
|                             | 20/04/2012         | 0,06                                      | 0,18                                          |
|                             | 21/04/2012         | 0,37                                      | 0,03                                          |
| Manejo de Queima e Pastagem | 23/01/2012         | 221,2                                     | 58,87                                         |
|                             | 19/02/2012         | 109,00                                    | 6,12                                          |
|                             | 24/02/2012         | 115,60                                    | 81,48                                         |
|                             | 27/02/2012         | 19,00                                     | 44,22                                         |
|                             | 27/03/2012         | 9,90                                      | 62,33                                         |
|                             | 29/03/2012         | 3,60                                      | 48,30                                         |
|                             | 02/04/2012         | 23,70                                     | 62,88                                         |
|                             | 21/04/2012         | 0,70                                      | 15,49                                         |

Fonte: Autor (2016).

Analisando as simulações realizadas para o ano de 2012, observou-se que para bacia de caatinga nativa, de 13 eventos de chuvas com produção de sedimentos, seis eventos estão dentro da faixa aceitável, para a bacia raleada, de nove eventos de chuvas com produção de sedimentos, cinco eventos aceitáveis e para bacia com manejo de queima e pastagem, dos oito eventos de chuvas com produção de sedimentos, quatro eventos aceitáveis.

Na Bacia do Rio Cuiá, Silva e Santos (2010) utilizaram o modelo Kinneros 2 para identificar a produção de sedimentos e correlacionar a áreas suscetíveis ao processo erosivo e a inundações. Os autores tiveram resultados positivos, diferentemente do que encontramos nesta pesquisa, com o modelo e concluíram que a impermeabilização do solo em algumas áreas favoreceu o elevado índice de escoamento superficial e a alta produção de sedimentos.

Os resultados das simulações do programa no ano de 2013 estão representados na tabela 11.

Tabela 11 – Resultado comparativo da perda de solo real e estimada pelo programa Kinneros 2 nas três microbacias no ano 2013.

|                             | Data dos principais eventos | Perda de Solo Real<br>Kg.ha <sup>-1</sup> | Perda de Solo Kinneros<br>Kg.ha <sup>-1</sup> |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Caatinga Nativa             | 09/05/2013                  | 26,35                                     | 0,47                                          |
| Caatinga Raleada            | 26/04/2013                  | 0,40                                      | 0,37                                          |
|                             | 09/05/2013                  | 0,02                                      | 0,77                                          |
| Manejo de Queima e Pastagem | 07/01/2013                  | 18,66                                     | 18,94                                         |
|                             | 09/01/2013                  | 17,08                                     | 16,83                                         |
|                             | 16/02/2013                  | 181,3                                     | 61                                            |
|                             | 16/03/2013                  | 802,2                                     | 11,42                                         |
|                             | 18/03/2013                  | 11,67                                     | 8,23                                          |
|                             | 19/03/2013                  | 28,64                                     | 8,6                                           |
|                             | 12/04/2013                  | 161,42                                    | 12,09                                         |
|                             | 20/04/2013                  | 12,53                                     | 10,48                                         |
|                             | 26/04/2013                  | 125,62                                    | 62,29                                         |

|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| 09/05/2013 | 651,45 | 265,53 |
| 06/06/2013 | 59,08  | 26,72  |

Fonte: Autor (2016).

Analisando as simulações realizadas para o ano de 2013, observou-se que para bacia de caatinga nativa, ocorreu um único evento de chuvas com produção de sedimentos, nenhum evento dentro da faixa aceitável, para a bacia raleada, de dois eventos de chuvas com produção de sedimentos, um evento aceitável e para bacia com manejo de queima e pastagem, dos 11 eventos de chuvas com produção de sedimentos, quatro eventos dentro da faixa aceitável.

Considerando um total de 56 eventos de chuvas durante os anos de 2010 a 2013 que promoveram produção de sedimentos na microbacia de caatinga nativa, o programa Kineros 2 conseguiu uma assertiva de 17 eventos, ou seja, 30% de acertos.

Para a microbacia raleada, dentro de um total de 54 eventos de chuva que promoveram produção de sedimentos durante o período em estudo, o programa Kineros 2 conseguiu uma assertiva de 16 eventos, ou seja, 29% de acertos.

Para a microbacia com manejo de queima e pastagem, no período em estudo, dentro de um total de 72 eventos de chuva que promoveram produção de sedimentos, o programa Kineros 2 conseguiu uma assertiva de 21 eventos, ou seja, 29% de acertos.

Percebe-se que, em geral, o programa Kineros apresenta a mesma porcentagem de acertos nas três microbacias. Contudo para considerar um modelo validado para área estudada, seria necessário considerar uma porcentagem relativamente próxima a 100% de acertos, considerando que foi estabelecido uma faixa de erros entre 0,5 e 2,0 vezes o valor observado, assim como a pesquisa de Santos (2008).

Fu et al (2010) em sua pesquisa de revisão sobre os modelos hidrossedimentológicos, destacaram que muito embora o programa Kineros 2 possa fornecer um panorama sobre a produção de sedimentos, os requisitos para calibração dos parâmetros são bastante difíceis de conseguir.

Uma das possibilidades da grande discrepância dos resultados pode ser consequência do universo testado dos parâmetros, não ter envolvido uma faixa de melhor ajuste, porém outras questões também podem ter afetado a não validação, assim recomenda-se a continuidade da pesquisa com o aumento do número de simulações a

serem realizadas, bem como a avaliação das questões que serão apresentadas, baseadas em relatos de diversos autores.

Autores como Martinez-Carreras et al (2007) fizeram uso de simulações automáticas realizadas por dois computadores, considerando 5000 possibilidades suficientes para calibração dos parâmetros sensíveis.

Os autores Guber et al (2014) ao analisarem a precisão e as incertezas do modelo Kineros e do modelo STWIR diante da variabilidade de valores atribuídos ao  $G$  (Carga de sedimentos) concluíram que é bastante elevada a incerteza da estimativa do valor  $G$  associada a variabilidade espacial do solo, fato que pode ter influenciado os resultados.

Outro aspecto que também deve ser levado em consideração, o qual pode ter interferido nesse pequeno número de assertivas, é a área das microbacias, pois os trabalhos encontrados na literatura com a aplicação deste modelo possuem áreas superiores às microbacias experimentais em estudo, mostrando que o fator espaço pode estar interferindo nos resultados como pode ser visto na tabela 12 e 13.

Tabela 12 – Área (Km<sup>2</sup>) das microbacias em estudo.

| Bacias em estudo   | Área (km <sup>2</sup> ) |
|--------------------|-------------------------|
| B. Caatinga Nativa | 0,0114                  |
| B. Raleada         | 0,0206                  |
| B. Queima Pastagem | 0,028                   |

Fonte: Autor (2016).

Tabela 13 – Área (Km<sup>2</sup>) de outros locais de aplicação do programa Kineros 2.

| Autores                                                                | Local de aplicação do programa | Área de aplicação do programa (Km <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Paiva (2012)</b>                                                    | Vitória de Santo Antão, PE     | 0,58                                             |
| <b>Santos et al (2007);<br/>Seixas et al (2007);<br/>Cabral (2011)</b> | Arcoverde e Pesqueira, PE      | 24,5                                             |
| <b>Silva e Santos (2008)</b>                                           | Recife, PE                     | 600                                              |

|                                                         |                        |        |
|---------------------------------------------------------|------------------------|--------|
| <b>Paiva (2008);<br/>Santos (2008);<br/>Melo (2010)</b> | Sumé, PB               | 15     |
| <b>Lopes (2010)</b>                                     | Distrito Federal, DF   | 16,4   |
| <b>Vieira (2011)</b>                                    | Santana do Ipanema, AL | 0,127  |
| <b>Daronco (2008)</b>                                   | Santa Maria, RS        | 1,1457 |

Fonte: Autor (2016).

Na tabela 13 é possível analisar a área de alguns trabalhos realizados, e todos apresentam áreas bem maiores que as microbacias em estudo, sendo a menor delas com o (0,127 km<sup>2</sup>) área quatro vezes e meia superior a maior microbacia em estudo (0,028 km<sup>2</sup>).

Percebe-se que nos últimos anos o programa Kineros 2 tem sido utilizado em diversos estudos sedimentológico em várias áreas do Brasil e no exterior, por exemplo em Hashtroud Township, no Irã (VAEZI,2014) e Wadi Ahin, em Omã (AL-QURASHI et al, 2008), Pyrenees, Espanha (MARTINEZ-CARRERAS ET AL, 2007) dada a relevância a esse tema por diversos pesquisadores, contudo levanta-se a hipótese da influência da área como fator relevante para a validação deste modelo.

Outro prisma que foi levantado por Braga et al (2013) foi a distribuição das chuvas. Apesar dos autores estarem analisando o programa Kineros sob a ótica do escoamento na bacia, os autores perceberam erros nas estimativas do programa para escala diária e também para anos secos.

Assim como Braga et al (2013), Martinez-Carreras et al (2007) também perceberam a limitação do programa para evento diários, tendo melhor resposta em escala mensal e acrescentam que o modelo foi insensível a eventos de precipitação com baixas intensidades.

Contudo, há pesquisadores, como Santos (2008) e Daronco (2008) que conseguiram resultados estáveis no processo de modelagem com esse programa, recomendando-o como uma boa ferramenta na predição de sedimentos, entretanto fazem a recomendação de outras pesquisas de campo em condições diferentes para clima e relevo e o tipo de solo.

Diante do exposto recomenda-se a aplicação de outros modelos em busca de melhores resultados na modelagem das microbacias em estudo, em comparação aos resultados demonstrados pelo Kineros 2.

## 6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos na pesquisa de campo e na literatura e pelo processo de calibração do programa Kinneros 2, conclui-se que:

- O uso e manejo do solo influencia a produção de sedimentos na bacia.
- A maior produção de sedimentos ocorreu na microbacia queima/pastagem
- A microbacia raleada foi a que sofreu menor impacto do escoamento, originando produção de sedimentos.
- A perda de solo nas três microbacias, segundo classificação da FAO (1967) é baixa, pois os valores de perda são inferiores a  $10 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .
- O modelo Kinneros 2 após ser ajustado não apresentou boa aproximação dos valores reais, sendo a bacia nativa com maiores valores aceitáveis (30%), recomenda-se mais estudos de modelagem nas microbacias.

## REFERENCIAS

ABBOTT, M. B.; BATHURST, J. C.; CUNGE, J. A.; O'CONNELL, P.E.; RASMUSSEN, J. **An introduction to the european hydrological system -- Systeme Hydrologique European, "SHE", 1: history and philosophy of a physically-based, distributed modelling system.** Journal of Hydrology, n. 87, p. 45-59, 1986.

AL- QURASHI, A.; MCINTYRE, N.; WHEATER, H.; UNKRICH, C. **Application of the Kineros2 rainfall–runoff model to an arid catchment in Oman.** Journal of Hydrology, n. 355, p. 91– 105, 2008.

ALVES, N. N. L. **Caracterização de micro-bacia hidrográfica experimental no semiárido brasileiro como suporte a estudos da degradação.** Dissertação Mestrado em Irrigação e Drenagem – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 2008.

ARAUJO NETO, J. R. **Efeito de diferentes manejos sobre o escoamento superficial em microbacias experimentais no semiárido tropical.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará – UFC, CE, 2012.

ARAUJO, R. G.; ANDREOLI, R. V.; CANDIDO, L. A.; KAYANO, M. T.; SOUZA, R. A. F. **A influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da America do Sul.** Revista ACTA Amazônica, v. 43, n. 4, p. 469-480, 2013.

ARRUDA, P. M. **Otimização de um modelo hidrossedimentológico em regiões semiáridas.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, PB, 2011.

AUGUSTIN, C.; LINGNAU, C.; GALVÃO, F.; GONÇALVES, L. P. **Caracterização ecológica de áreas a partir de dados espaciais públicos estudo de caso: área de coleta de sementes.** Revista Floresta, v. 42, n. 3, p. 453-464, 2012.

AVANZI, J.C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MELLO, C. R.; FONSECA, S. **Calibração e aplicação do modelo MUSLE em uma microbacia hidrográfica nos tabuleiros costeiros brasileiros.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.6, p.563–569, 2008.

BAKKER, M. M.; GOVERS, G.; KOSMAS, C.; VANACKER, V.; VAN OOST, K.; ROUNSEVELL, M. **Soil erosion as a driver of land-use change.** Agriculture, Ecosystems & Environment, n. 105, p. 467–481, 2005.

BARRA, T, S.; COSTA, J. M. N.; RAO, T, V, R.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M.; DANTAS NETO, F. S. **Caracterização climatológica da severidade de secas do Estado do Ceará – Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.2, p.266-272, 2002.

BRAGA, A. C. F. M.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; GALVÃO, C. O.; NOBRE, P. **Downscaling of a global climate model for estimation of runoff, sediment yield and dam storage: A case study of Pirapama basin, Brazil.** Journal of Hydrology, v. 498, p. 46-58, 2013.

BESER DE DEUS, L. A.; SANTOS, C. S. M.; FREITAS, M. A. V. **A utilização de sistema de informação geográfica como suporte ao gerenciamento de bacias hidrográficas transfronteiriças - SIG Geoamazonas.** Revista Geográfica de América Central, Costa Rica, 2011.

CABRAL, S. L. **Avaliação dos processos sedimentológicos na bacia do rio jacarecica, em Maceió - AL,** Dissertação de mestrado Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió – AL, 2011.

CABRAL, S. L.; REIS, R. S.; FRANGOSO JR, C. R. **Avaliação do efeito da urbanização na produção de sedimentos da bacia do rio Jacarecica/AL mediante uso de modelo hidrossedimentológico distribuído.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 37, p.1073-1080, 2013.

CAMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Conceitos Básicos da Ciência da Geoinformação.** Ministério da Ciência e Tecnologia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE-8563-PRE/4307, São José dos Campos, 2001.

CAMPOS, J. N. B. **Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas.** Revista Planejamento e Políticas Públicas – PPP, n. 16, p.261-298, 1997.

CANDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BATISTA, P. V. G. **Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 38, p. 1565-1575, 2014.

CANTALICE, J. R. B.; CASSOL, E. A.; REICHERT, J. M.; BORGES, A. L. O. **Hidráulica do escoamento e transporte de sedimentos em sulcos em solo franco-argiloso-arenoso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 29, p. 597-607, 2005.

CASSIAN, L. F.; CAMARGO, A. F. M. **Utilização de Sistemas de Informações Geográficas, softwares e algoritmos de modelagem para geração de modelos de distribuição geográfica potencial de espécies de macrófitas aquáticas em bacias hidrográficas.** Boletim Ablimno, nº 39(1), 2011.

CASSOL, E.A.; REICHERT, J.M. **Pesquisa em erosão do solo no Brasil.** P.399-420. in: ARAÚJO, Q.R. (organizador). 500 anos de usos do solo no Brasil. Ilhéus – BA: editora UESC, 605p. 2002.

CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, P. C. **A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo.** Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia, v. 4, n.4, p. 230-241, 2013.

CECILIO, R. A.; RODRIGUEZ, R. G.; BAENA, L. G. N.; OLIVEIRA, F. G.; PRUSKI, F. **Aplicação dos modelos RUSLE e WEPP para a estimativa da erosão hídrica em microbacia hidrográfica de viçosa (MG).** Revista Verde, v.4, n.2, p. 39 – 45, 2009.

CERDAN, O.; BISSONNAIS, Y. L.; COUTURIER, A.; SABY, N. **Modelling interrill erosion in small cultivated catchments**. In: Wiley InterScience, n. 16, p. 3215-3226, 2002.

CERDAN, O.; GOVERS, G.; BISSONNAIS, Y. LE; VAN OOST, K.; POESEN, J.; SABY, N.; GOBIN, A.; VACCA, A.; QUINTON, J.; AUERSWALD, K.; KLIK, A.; KWAAD, F.J.P.M.; RACLOT, D.; IONITA, I.; REJMAN, J.; ROUSSEVA, S.; MUXART, T.; ROXO, M.J.; DOSTAL T. **Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data**. Geomorphology 122, p. 167-177, 2010.

COSTA, J. A. **O fenômeno el niño e as secas no nordeste do Brasil**. Revista Científica do IFAL, v. 1, n. 4, 2012.

CRYER, S. A.; HAVENS, P. L. **Regional sensitivity analysis using a fractional factorial method for the USDA model GLEAMS**. Environmental Modelling & Software, n. 14 p. 613–624, 1999.

DALBIANCO, L. **Simulação hidrossedimentológica com o modelo LISEM em uma pequena bacia hidrográfica rural**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, RS, 2010.

DORONCO, G. C. **Avaliação dos parâmetros do modelo kineros 2 para simulação hidrossedimentológica em duas pequenas bacias hidrográficas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia civil – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

DUN, S.; WU, J. Q.; ELLIOT, W. J.; ROBICHAUD, P. R.; FLANAGAN, D. C.; FRANKENBERGER, J. R.; BROWN, R. E.; XU, A. C. **Adapting the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model for forest applications**. Journal of Hydrology, n. 366, p. 46-54, 2009.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2º Edição, Rio de Janeiro, 2006.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo**. Cuadernos de fomento agropecuario da Organizacion De Las Naciones Unidas, Roma: FAO, n. 81, p. 207, 1967.

FAOSTAT, 2015. <http://faostat.fao.org/faostat> (accessed on October5, 2015).

FIGUEIREDO, F. R.; SILVA, M. F. **Lema de Urysohn e Aplicações**. XXIV Salão de Iniciação Científica – Ciencias Exatas e da Terra, 2012.

FU, B.; NEWHAM, T. H.; RAMOS-SCHARRO´N, C.E. **A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads**. Environmental Modelling & Software, v.25, p.1–14, 2010.

- GIANUCA, K. S.; TAGLIANI, C. R. A. **Análise em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) das alterações na paisagem em ambientes adjacentes a plantios de pinus no Distrito do Estreito, município de São José do Norte, Brasil.** Revista da Gestão Costeira Integrada, v.12, n.1, p.43-55, 2012.
- GOMES, J. L.; BARBIERI, J. C.; **Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no estado de São Paulo: um novo modelo de política pública.** Cadernos EBAP.BR, v. 2, n. 3, 2004.
- GUBER, A. K.; PACHEPSKY, Y. A.; YAKIREVICH, A. M.; SHELTON, D. R.; WHELAN, G.; GOODRICH, D. C. . UNKRICH, C. L. **Modeling runoff and microbial overland transport with KINEROS2/ STWIR model: Accuracy and uncertainty as affected by source of infiltration parameters.** Journal of Hydrology, v. 519, p. 644–655.
- GUIMARAES, R. Z.; LINGNAU, C.; RIZZI, N. E.; SCHEICHI, R. G.; BIANCHI, R. C. **Espacialização da perda de solo por erosão laminar na microbacia do rio campinas, Joinville-SC.** RA´E GA, v. 23, p. 534-554, 2011.
- HUDSON, N.W. **Soil conservation.** 3.ed. Ames, Iowa State University Press, 391p. 1995.
- IESCHECK, A. L.; SILVA, S. C.; SILVA, T. S.; FARINA, F. C.; AYUP-ZOUAIN, R. N.; **Aplicação dos sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto na definição de microbacia como área de influência ambiental e unidade de gestão: o caso do campus do vale da UFRGS – RS.** IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, p. 02-05, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo 2010. [acesso em 2015 Jul 08]. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br>
- KINNELL, P., RISSE, L. **USLE-M: Empirical modelling rainfall erosion through runoff and sediment concentration.** Soil Sci Soc Am J 62 (6), 1667–1672, 1998.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. **Influência do manejo do solo na infiltração de água.** Revista Monografia Ambientais, v. 13, n. 5, p. 3915-3925, 2014.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.
- LAFLEN, J. M.; ELLIOT, W. J.; FLANAGAN, D. C.; MEYER, C. R.; NEARING, M. A. **WEPP – Predicting water erosion using a process-based model.** Journal of Soil and Water Conservation, v. 52, n. 2, p. 96-102, 1997.
- LEONARD, R. A.; KNISEL, W. G.; STILL, D. A. **GLEAMS: Groudwater loading effects on agricultural management systems.** Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, n. 30, p.1403-1428, 1987.
- LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. **Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos.** Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11, 2010.
- LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SANTOS, J. C. N.; LOPES, J. F. B. **Perdas de solo e nutrientes em área de Caatinga decorrente de diferentes alturas pluviométricas.** Revista Agroambiente online, v. 3, n. 2, p. 65-71, 2009.

LOPES, G. R. **Estudos hidrológicos e hidrossedimentológicos na bacia do córrego do Capão Comprido, DF.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos hídricos – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

LOPES, W. T.A. **Efeito de Escala na Modelagem Hidrossedimentológica na Região Semi-Árida da Paraíba.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, pp. 174, 2003.

LOU, R. F. **Modelagem hidrológica chuva-vazão e hidrodinâmica aplicada na bacia experimental do rio Piabanha/RJ.** Dissertação de mestrado Engenharia Civil – UFRJ, 2010.

MACEDO, I. C. **A energia da cana de açúcar: 12 estudos sobre a agroindústria da cana de açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade.** União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005.

MACHADO, C. C.; GARCIA, A. R.; SILVA, E.; FONTES, A. M. **Comparação de taxas de erosão em estradas florestais estimadas pelo modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) modificado em relação a medições experimentais.** Revista Árvore, v.27, n.3, p.295-300, 2003

MAHMOODABADI, M.; CERDÀ, A. **WEPP calibration for improved predictions of interrill erosion in semi-arid to arid environments.** Revista Geoderma v. 204-205 p. 75-83, 2013.

MAIDMENT, D.R. **GIS and hydrologic modeling.** In: Goodchild, M.F.; Parks, B.O.; Steyaert, L.T.; ed. Environmental modeling with GIS. New York, Oxford University Press, Cap. 14, p. 147-167, 1993.

MARCHIORO, E.; FERNANDES, N. F.; MACEDO, J. R.; BHERING, S. B.; GONÇALVES, A. O; PRADO, R. B. **Modelagem da produção de sedimentos usando cenário ambiental alternativo no noroeste do Rio de Janeiro – Brasil.** Geografias (UFMG), v.10, n.1, p.54-70, 2014.

MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas.** Estudos Avançados, v.22, n. 63, 2008.

MARTINEZ- CARRERAS, N.; HERNANDEZ, M. S. E.; GALLART, F. **Simulating badland erosion with KINEROS2 in a small Mediterranean mountain basin (Vallcebre, Eastern Pyrenees).** Catena v.71, p.145–154, 2007.

MARTINS S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. **Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.3, Viçosa – ES, 2003.

MATOS, M. P. S. R. **Famílias desagregadas sobre a terra ressequida: indústria da seca e deslocamentos familiares no nordeste do Brasil.** Nômadias. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas, número especial: América Latina, 2012.

MELO, H. A. **Integração entre modelos hidrológicos e sistemas de informações geográficas: Uma avaliação metodológica.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2010.

MERRIT, W. S.; LETCHER, R. A.; JAKEMAN, A. J. **A review of erosion and sediment transport models.** Environmental Modelling & Software, v. 18, p.761–799, 2003.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em:  
<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>. Acessado em: 23/01/2015.

MONTORO, M. J. A.; STOCKING, N. M. A.; **Comparative evaluation of two models in predicting storm soil loss from erosion plots in semi-arid Spain.** Catena – An interdisciplinary journal of soil science - hydrology –geomorphology, v. 16, p. 227-236, 1989.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **De território de exploração a território de esperança: organização agrária e resistência camponesa no semi-árido paraibano.** Revista Nera, n.10, p.72-93, 2007.

MORGAN, R. P. C.; QUINTON, J. N.; SMITH, R. E.; GOVERS, G.; POESEN, J. W. A.; AUERSWALD, K.; CHISCI, G.;TORRI, D.; STYCZEN, M. E.; **The European Soil Erosion Model (EUROSEM): A dynamic approach for predicting sediment transport from Fields and small catchments.** In: Earth Surface Processes and Landforms, n. 23, p. 527-544, 1998.

MOTA, J. C.; CURI, W. F.; ALMEIDA, M. M.; ALENCAR, V. C. **Desenvolvimento de um sistema de suporte a decisão para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica.** Revista Verde v.6, n.1, p. 201 – 215, 2011.

MOURA, L. C.; FERNANDES, M. M.; SOUZA, J. B. **Análise comparativa entre mapeamentos convencional e por modelagem em SIG para solos.** Revista Caminhos de Geografia, v. 14, n. 45, p. 54-63, 2013.1

MOURA, M. C. F.; OLIVEIRA, L. C. S. **Atividade agrícola: produção, impacto e sustentabilidade.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v. 4, n.1, p. 6-14, 2013.

OLIVEIRA, F.P. **Modelagem do escoamento superficial e da erosão hídrica em bacia rural em Arvorezinha, RS, utilizando o WEPP.** Tese de doutorado em ciência do solo - UFRS, 2010.

PAES, F. S.; DUPAS, F. A.; SILVA, F. G. B.; PEREIRA, J. C. D. **Espacialização da perda de solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí (MG).** Geociências (São Paulo), v.29 n.4, São Paulo, 2010.

PAIVA, F. M. L. **Avaliação do padrão de distribuição espaço-temporal dos processos de mobilização e depósito de sedimentos.** Tese de Doutorado Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2012.

PAIVA, F. M. L. **Estudo comparativo entre três modelos de base física na modelagem hidrossedimentológica em microbacias na região semi-árida paraibana.** Dissertação de mestrado Engenharia Civil – Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, PB, 2008.

PALÁCIO, H. A. Q. **Avaliação Emérgica de microbacias hidrográficas do Semiárido submetidas a diferentes manejos.** Tese de Doutorado em Irrigação e Drenagem – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 2011.

PANDEY, A.; CHOWDARY, V. M.; MAL, B. C.; BILLIB, M. **Runoff and sediment yield modeling from a small agricultural watershed in India using the WEPP model.** Journal of Hydrology, v. 348, p. 305– 319, 2008.

PEREIRA, J. C. D. **Aplicação do modelo hidrossedimentológico AVSWAT na bacia hidrográfica do ribeirão da cachoeirinha – MG.** Dissertação do Programa de Mestrado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, MG, 2010.

PERULA, R. D.; KELLER, A.; SCHULIN, R. **Sensitivity analysis, calibration and validation of EPIC for modelling soil phosphorus dynamics in Swiss agro-ecosystems.** Environmental Modelling & Software, 2014.

PRUSKI, F. F. **Processo físico de ocorrência da erosão hídrica.** In: \_\_\_\_\_. (Org.). Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa, MG: UFV, 2006. v. 1, p. 25-40.

RAMOS, J. C.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; MARIOTI, J.; WERNER, R. S. **Influência das condições de superfície e do cultivo do solo na erosão hídrica em um cambissolo húmico.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 38, p. 1587-1600, 2014.

RAMALHO, M. F. J. L. **Considerações sobre o ambiente de rios represados: o caso do rio Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte.** Sociedade e Território, v. 21, nº 1 – 2 (Edição Especial), p. 183-196, 2009.

RIBEIRO FILHO, J. C. **Produção de sedimentos em microbacias no semiárido brasileiro submetida a diferentes manejos.** Monografia em Irrigação e Drenagem – Instituto Federal do Ceará, Iguatu, CE, 2016.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; MENDONÇA, L. A. R.; ARAUJO, J. C.; PALACIO, H. A. Q.; ARAUJO, E. M. **Respostas hidrológicas em pequenas bacias na região semiárida em função do uso do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.3, p.312–318, 2013.

RUFINO, R.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. **Perdas de solo e água por erosão na sucessão soja/trigo cultivados em plantio convencional e direto.** Congresso Brasileiro Plantio Direto: para uma Agricultura Sustentável, 1, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa, p. 111-113, 1996.

- SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TAURA, T. A.; DRUMOND, M. A. **Mapeamento da desertificação da Região de Desenvolvimento Sertão do São Francisco com base na cobertura vegetal e nas classes de solos.** Revista Brasileira de Geografia Física vol. 08, número especial, 2015.
- SANTOS, C. A. G; RICHARDE, M. S; AGUIAR, L. M. C. **Estimativa da produção de sedimentos na bacia experimental jatobá a partir de técnicas de modelagem e geoprocessamento.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, SP, 2007.
- SANTOS, E. G.; SANTOS, C. A. C.; BEZERRA, B. Z.; NASCIMENTO, F. C. A. **Análise de parâmetros ambientais no núcleo de desertificação de irauçuba - ce usando imagens de satélite.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.07, n.05, 2014.
- SANTOS, J. C. N. **Mensuração da erosão do solo no semiárido em diferentes usos de terras e escalas espaciais.** Fortaleza: UFC, Dissertação Mestrado. 2012.
- SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; ARAUJO NETO, J. R.; PALACIO, H. A. Q.; RODRIGUES, R. N. **Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido brasileiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 11, p. 1157- 1164, 2014.
- SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARAUJO NETO, J. R.; RIBEIRO FILHO, J. C. **Bacia Experimental de Iguatu: Avaliação hidrossedimentológica de eventos extremos.** XI Encontro Nacional de engenharia de sedimentos - ENES, João Pessoa, 2014.
- SANTOS, J. C. N.; PALACIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; ARAUJO NETO, J. R. **Runoff and soil and nutrient losses in semiarid uncultivated fields.** Revista Ciência Agronômica, v.42, n.3, 2011.
- SANTOS, L. L. **Modelagem hidrossedimentológica e avaliação comparativa de três modelos em pequenas sub-bacias na região semi-árida paraibana.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2008.
- SANTOS, L. L. **Modelos Hidráulicos-Hidrológicos: Conceitos e Aplicações.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 2, n. 3, p. 1-19, Recife-PE, 2009.
- SANTOS, C.A.G.; Silva, R. M.; NITÃO, I. A. **Modelagem Hidrossedimentológica para as Parcelas da Bacia Experimental de São João do Cariri.** VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís, Maranhão, 2004.
- SEIXAS, M. G.; SILVA, R. M. S; SANTO, C. A. G. **Estimativa da produção de sedimentos no semi-árido nordestino.** Anais/Catálogo de Resumos do IX Encontro de Extensão Universitária. Desafios da indissociabilidade entre ensino e extensão. João Pessoa, PB, 2007.

SEMMENS, D.; GOODRICH, D. C.; UNKRICH, C. L.; SMITH, R. E.; WOOLHISER, D. A.; MILLER, S. N. **Kineros2 and the agwa modeling framework**. The GWADI International Modeling workshop, UNESCO online publication, 30; 2005.

SHIRMOHAMMADI, A.; KNISEL, W. G.; BENGTSON, R.; WARD, A.; REYES, M.; H. MANGUERA, H.; KING, K. **GLEAMS Model**. Southern Cooperative Series Bulletin, p.1, 1999.

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. **Estimativa da produção de sedimentos mediante uso de um modelo hidrossedimentológico acoplado a um SIG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.12, n.5, p.520–526, 2008.

SILVA, L.P.; SANTOS, C. A. G. **Análise Espacial dos Riscos de Erosão e Inundação na Bacia do Rio Cuiá**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 15, n. 3, p. 21-32, 2010.

SILVA, V. M. A.; PATRICIO, M. C. M.; RIBEIRO, V. H. A.; MEDEIROS, R. M. **O desastre seca no nordeste brasileiro**. Revista Eletrônica Polêmica, v. 12, n.2, p.284-293, 2013.

SINGH, R. K.; PANDA, R. K.; SATAPATHY, K. K.; NGACHAN, S. V. **Simulation of runoff and sediment yield from a hilly watershed in the eastern Himalaya, India using the WEPP model**. Journal of Hydrology v. 405 p. 261–276, 2011.

SMETS, T.; BORSELLI, L.; POESEN, J.; TORRI, D. **Evaluation of the EUROSEM model for predicting the effects of erosion-control blankets on runoff and interrill soil erosion by water**. In: Geotextiles and Geomembranes, n.29, p. 285-297, 2011.

SOUTO, A. R.; CRESTANA, S. **Identificação das áreas potenciais de produção de sedimentos com o modelo AGNPS e técnicas de SIG em uma microbacia hidrográfica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.429-435, 2000.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D, J. L.; FULLER, B. B.; **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara, n. 20, p. 137-156, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Ed. Universidade /UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, p.668, 1998.

TUCCI, C.E.M. **Água no meio urbano**. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. Uso e conservação. 2 ed. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados, USP, p. 473-506, 2002.

VAEZI, A. R. **Modeling Runoff from Semi-Arid Agricultural Lands in Northwest Iran**. Pedosphere, v. 24, n. 5, p. 595–604, 2014.

VERTESSY, R.A.; HATTON, T.J.; O'SHAUGHNESSY, P.J.; JAYASURIYA, M.D.A. **Predicting water yield from a mountain ash forest catchment using a terrain analysis based catchment model**. J. Hydrology, 150:665-700, 1993.

VIEIRA, L. L. A. **Efeitos de alterações de uso e ocupação do solo e de mudanças climáticas sobre o escoamento superficial na bacia experimental de Santana do Ipanema – Alagoas.** Dissertação de Mestrado em Recursos hídricos e saneamento – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2011.

VIEIRA, N. P. A.; SILVA, F. B.; NASCIMENTO, C. R.; VIEIRA, E. O. **Estimativa de perda de solo por erosão hídrica utilizando técnicas de geoprocessamento na bacia do rio Cedro/MG.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, Paraná, 2013.

WILLIAMS, J.R., JONES, C.A., DIKE, P.T. **A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity.** Trans. ASAE v.27, n. 129 e p.144, 1984.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, n.537, p.4, 1978.

XAVIER, F. V. **Contribuições metodológicas ao estudo da produção e distribuição espacial de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Manso utilizando o modelo AVSWAT.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Mato Grosso, Campo Grande, MT, 2009.

XU, Q. X.; WANG, T. W.; CAI, C. F.; LI, Z. X.; SHI, Z. H.; FANG, R. J. **Responses of runoff and soil erosion to vegetation removal and tillage on steep lands.** In: Pedosphere, n. 23, p. 532- 541, 2013.

YANG, L.; CHEN, L.; WEI, W. **Effects of vegetation restoration on the spatial distribution of soil moisture at the hillslope scale in semi-arid regions.** In: Catena, n. 124, p. 138-146, 2015.

YASSUDA, E. R. **Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais.** Revista de Administração Pública, v. 28, n. 2, 1993.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management.** 2.ed. Wallingford: ICRAF and CAB International, p. 320, 1997.

YOUNG, R. A.; ONSTAD, C. A.; BOSH, D. D.; ANDERSON, W. P. **AGNPS, Agricultural Non-Point-Source pollution model. A watershed analysis tool.** U. S. Department of Agriculture, Conservation research report n.35, p.1, 1987.

## ANEXOS

Anexo A – Tabela com as simulações realizadas com o programa Kineros 2.

| DT<br>EVENTO | VL<br>EVENTO<br>(mm) | G   | SAT   | KS   | CO         | SPLASH | RESULTADO<br>REAL | ACEITÁVEL/<br>NÃO<br>ACEITÁVEL | kg/há     | RESULTADO<br>KINEROS<br>SED, | NOME<br>DA<br>BACIA     |
|--------------|----------------------|-----|-------|------|------------|--------|-------------------|--------------------------------|-----------|------------------------------|-------------------------|
| 20/01/2010   | 68,75                | 350 | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0                 | Não Aceitável                  | 0,063     | 0,130                        | B. Nativa               |
| 20/01/2010   | 68,75                | 350 | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0                 | Não Aceitável                  | 0,165     | 0,190                        | B. Raleada              |
| 20/01/2010   | 68,75                | 350 | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 1,73              | Não Aceitável                  | 0,046     | 0,130                        | B. queima<br>e pastagem |
| 20/01/2010   | 68,75                | 20  | 0,4   | 2,2  | 0,5        | 0,0001 | 1,73              | Não Aceitável                  | 25304,546 | 70852,730                    | B. queima<br>e pastagem |
| 20/01/2010   | 68,75                | 300 | 0,9   | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 1,73              | Não Aceitável                  | 46,450    | 130,060                      | B. queima<br>e pastagem |
| 20/01/2010   | 68,75                | 300 | 0.9   | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0                 | Não Aceitável                  | 175,650   | 361,840                      | B. Nativa               |
| 20/01/2010   | 68,75                | 300 | 0,9   | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0                 | Não Aceitável                  | 383,452   | 440,970                      | B. Raleada              |
| 27/01/2010   | 27,94                | 350 | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0                 | Não Aceitável                  | 0,364     | 0,750                        | B. Nativa               |
| 27/01/2010   | 27,94                | 350 | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0                 | Não Aceitável                  | 0,304     | 0,350                        | B. Raleada              |
| 27/01/2010   | 27,94                | 350 | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0,28              | Aceitavel                      | 0,282     | 0,790                        | B. queima<br>e pastagem |
| 27/01/2010   | 27,94                | 20  | 0,4   | 2,2  | 0,5        | 0,0001 | 0,28              | Não Aceitável                  | 17348,336 | 48575,340                    | B. queima<br>e pastagem |
| 27/01/2010   | 27,94                | 300 | 0,9   | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 0,28              | Não Aceitável                  | 25,779    | 72,180                       | B. queima<br>e pastagem |
| 27/01/2010   | 27,94                | 300 | 0.9   | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0                 | Não Aceitável                  | 79,243    | 163,240                      | B. Nativa               |
| 27/01/2010   | 27,94                | 300 | 0,9   | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0                 | Não Aceitável                  | 165,287   | 190,080                      | B. Raleada              |
| 06/02/2010   | 6,60                 | 250 | 0,829 | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0                 | Não Aceitável                  | 0,026     | 0,030                        | B. Raleada              |
| 06/02/2010   | 6,60                 | 270 | 0,829 | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0                 | Não Aceitável                  | 0,009     | 0,010                        | B. Raleada              |
| 06/02/2010   | 6,60                 | 300 | 0,829 | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0                 | Aceitavel                      | 0,000     | 0,000                        | B. Raleada              |

|            |      |        |        |      |            |        |      |               |        |        |                         |
|------------|------|--------|--------|------|------------|--------|------|---------------|--------|--------|-------------------------|
| 06/02/2010 | 6,60 | 700    | 0,829  | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 700    | 0,829  | 24,9 | 0,0001     | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 700    | 0,7892 | 24,9 | 0,0001     | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 450    | 0,009  | 9,4  | 0,0001     | 1      | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 450    | 0,37   | 9,4  | 0,0001     | 1      | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 300    | 0,37   | 9,4  | 0,0001     | 1      | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 300    | 1      | 0,25 | 0,0001     | 1      | 0    | Não Aceitável | 13,252 | 15,240 | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 300    | 0,7    | 0,25 | 0,0001     | 1      | 0    | Não Aceitável | 0,113  | 0,130  | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 200    | 0,7    | 0,25 | 0,0001     | 1      | 0    | Não Aceitável | 0,130  | 0,150  | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,25   | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,25   | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Raleada              |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,25   | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. queima<br>e pastagem |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,8    | 0,25 | 0,00001    | 0,0001 | 0    | Não Aceitável | 0,175  | 0,490  | B. queima<br>e pastagem |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,8    | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,8    | 0,35 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,8    | 0,45 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,8    | 0,15 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,7    | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,75   | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,85   | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 350    | 0,9    | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 300    | 0,75   | 0,25 | 0,00001    | 0,0001 | 0    | Não Aceitável | 0,369  | 0,760  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 330    | 0,8    | 3    | 0,00001    | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 330    | 0,8    | 1    | 0,00001    | 0,0001 | 0    | Não Aceitável | 0,121  | 0,250  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 272.73 | 0,648  | 4,76 | 0,007312   | 114.78 | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 06/02/2010 | 6,60 | 330    | 0,648  | 4    | 0,00001445 | 1000   | 0    | Aceitavel     | 0,000  | 0,000  | B. Nativa               |
| 08/02/2010 | 7,37 | 700    | 0,829  | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,000  | 0,000  | B. Raleada              |

|            |       |     |        |      |            |        |      |               |         |          |                      |
|------------|-------|-----|--------|------|------------|--------|------|---------------|---------|----------|----------------------|
| 08/02/2010 | 7,37  | 700 | 0,829  | 24,9 | 0,0001     | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000   | 0,000    | B. Raleada           |
| 08/02/2010 | 7,37  | 700 | 0,7892 | 24,9 | 0,0001     | 0,0001 | 0    | Aceitavel     | 0,000   | 0,000    | B. Raleada           |
| 08/02/2010 | 7,37  | 350 | 0,85   | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Não Aceitável | 0,010   | 0,020    | B. Nativa            |
| 08/02/2010 | 7,37  | 350 | 0,85   | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0    | Não Aceitável | 0,017   | 0,020    | B. Raleada           |
| 08/02/2010 | 7,37  | 350 | 0,85   | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0,5  | Não Aceitável | 0,004   | 0,010    | B. queima e pastagem |
| 08/02/2010 | 7,37  | 20  | 0,4    | 2,2  | 0,5        | 0,0001 | 0,5  | Não Aceitável | 621,439 | 1740,030 | B. queima e pastagem |
| 08/02/2010 | 7,37  | 300 | 0,9    | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 0,5  | Não Aceitável | 1,411   | 3,950    | B. queima e pastagem |
| 08/02/2010 | 7,37  | 300 | 0,9    | 0,25 | 0,00003    | 0,1    | 0    | Não Aceitável | 19,777  | 40,740   | B. Nativa            |
| 08/02/2010 | 7,37  | 300 | 0,9    | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0    | Não Aceitável | 32,861  | 37,790   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,829  | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 820,852 | 943,980  | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,829  | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 865,539 | 995,370  | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 320 | 0,829  | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 855,991 | 984,390  | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 500 | 0,829  | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 780,113 | 897,130  | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 600 | 0,829  | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 742,209 | 853,540  | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 0,09 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 706,835 | 812,860  | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 5    | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 599,417 | 689,330  | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 10   | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 306,061 | 351,970  | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 20   | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 29,426  | 33,840   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 30   | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,000   | 0,000    | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 25   | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,096   | 0,110    | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 24   | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 2,304   | 2,650    | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 24,5 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,774   | 0,890    | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 26   | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,000   | 0,000    | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 25,5 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,000   | 0,000    | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 25,2 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,017   | 0,020    | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 25,1 | 0,0001     | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,052   | 0,060    | B. Raleada           |

|            |       |     |        |      |        |        |      |               |          |          |            |
|------------|-------|-----|--------|------|--------|--------|------|---------------|----------|----------|------------|
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,829  | 24,9 | 0,0001 | 0,0001 | 0,22 | Aceitavel     | 0,157    | 0,180    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,7892 | 24,9 | 0,0001 | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,7891 | 24,9 | 0,0001 | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 700 | 0,789  | 24,9 | 0,0001 | 0,0001 | 0,22 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,45   | 25,1 | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,52   | 4    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 556,148  | 639,570  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,82   | 4    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 836,174  | 961,600  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,1    | 4    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 360,478  | 414,550  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,01   | 6    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 182,635  | 210,030  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 330 | 0,01   | 6    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 155,313  | 178,610  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,09   | 6    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 105,000  | 120,750  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,009  | 6    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 105,000  | 120,750  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 450 | 0,009  | 6    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 78,861   | 90,690   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 450 | 0,009  | 10   | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 450 | 0,009  | 8    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 14,461   | 16,630   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 450 | 0,009  | 9,5  | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 450 | 0,009  | 9    | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1,983    | 2,280    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 450 | 0,009  | 9,2  | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 0,730    | 0,840    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 450 | 0,009  | 9,3  | 0,0001 | 1      | 0,22 | Aceitavel     | 0,304    | 0,350    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 450 | 0,009  | 9,4  | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 0,026    | 0,030    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 450 | 0,37   | 9,4  | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 13,522   | 15,550   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,37   | 9,4  | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 93,652   | 107,700  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 1      | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1314,435 | 1511,600 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,7    | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1131,304 | 1301,000 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 200 | 0,7    | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1154,409 | 1327,570 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 320 | 0,7    | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1126,957 | 1296,000 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 320 | 0,8    | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1158,261 | 1332,000 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 320 | 0,5    | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1084,348 | 1247,000 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 320 | 0,1    | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1039,539 | 1195,470 | B. Raleada |

|            |       |     |       |      |           |        |      |               |          |          |            |
|------------|-------|-----|-------|------|-----------|--------|------|---------------|----------|----------|------------|
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,7   | 0,25 | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1019,148 | 1172,020 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,7   | 4,76 | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 702,539  | 807,920  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 272 | 0,7   | 4,76 | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 779,835  | 896,810  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 272 | 2     | 4,76 | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1086,322 | 1249,270 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 272 | 0,01  | 4,76 | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 317,243  | 364,830  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 272 | 0     | 4,76 | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 317,243  | 364,830  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 1     | 1,1  | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1262,157 | 1451,480 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 1     | 0,24 | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1315,104 | 1512,370 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 1     | 24   | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 442,452  | 508,820  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 1     | 50   | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 68,017   | 78,220   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,009 | 8    | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 37,687   | 43,340   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 1     | 8    | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 826,087  | 950,000  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 600 | 0,09  | 5    | 0,001     | 0,1    | 0,22 | Não Aceitável | 72,991   | 83,940   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 600 | 0,09  | 5    | 1         | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 3926,617 | 4515,610 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 600 | 0,09  | 5    | 0,1       | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 3439,009 | 3954,860 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 600 | 0,09  | 5    | 0,01      | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 1675,478 | 1926,800 | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 600 | 0,09  | 5    | 0,001     | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 451,200  | 518,880  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 600 | 0,09  | 5    | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 100,617  | 115,710  | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 600 | 0,09  | 5    | 0,00001   | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 14,765   | 16,980   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 600 | 0,09  | 4,5  | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 20,374   | 23,430   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 330 | 0,09  | 4,5  | 0,0001    | 1      | 0,22 | Não Aceitável | 48,348   | 55,600   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,09  | 4,5  | 0,0001    | 0,1    | 0,22 | Não Aceitável | 34,530   | 39,710   | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,09  | 4,5  | 0,00001   | 0,1    | 0,22 | Não Aceitável | 3,835    | 4,410    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,09  | 5    | 0,000001  | 0,1    | 0,22 | Aceitavel     | 0,383    | 0,440    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,009 | 5    | 0,000001  | 0,1    | 0,22 | Aceitavel     | 0,383    | 0,440    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,9   | 5    | 0,000001  | 0,1    | 0,22 | Não Aceitável | 1,278    | 1,470    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,9   | 5    | 0,0000001 | 0,1    | 0,22 | Aceitavel     | 0,174    | 0,200    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,09  | 5    | 0,001     | 0,001  | 0,22 | Aceitavel     | 0,130    | 0,150    | B. Raleada |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,09  | 5    | 0,000001  | 0,0001 | 0,22 | Aceitavel     | 0,122    | 0,140    | B. Raleada |

|            |       |     |      |      |             |        |        |               |        |         |                      |
|------------|-------|-----|------|------|-------------|--------|--------|---------------|--------|---------|----------------------|
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,09 | 5    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,009  | 0,010   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300 | 0,64 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Aceitavel     | 0,113  | 0,130   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,64 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,104  | 0,120   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 380 | 0,64 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,104  | 0,120   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 355 | 0,64 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,104  | 0,120   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 390 | 0,64 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,104  | 0,120   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 397 | 0,64 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Aceitavel     | 0,139  | 0,160   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 400 | 0,64 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Aceitavel     | 0,139  | 0,160   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,7  | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Aceitavel     | 0,113  | 0,130   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,8  | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Aceitavel     | 0,148  | 0,170   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,5  | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Aceitavel     | 0,113  | 0,130   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,4  | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,087  | 0,100   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,3  | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,070  | 0,080   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,25 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,070  | 0,080   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,2  | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,096  | 0,110   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,24 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Não Aceitável | 0,087  | 0,100   | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,25 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 0,5    | Não Aceitável | 0,024  | 0,050   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,25 | 3    | 0,000000001 | 0,0001 | 955,48 | Não Aceitável | 0,021  | 0,060   | B. queima e pastagem |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,8  | 0,25 | 0,00001     | 0,0001 | 955,48 | Não Aceitável | 48,571 | 136,000 | B. queima e pastagem |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,8  | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0,5    | Aceitavel     | 0,311  | 0,640   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,8  | 0,35 | 0,000000001 | 0,0001 | 0,5    | Não Aceitável | 0,238  | 0,490   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,8  | 0,45 | 0,000000001 | 0,0001 | 0,5    | Aceitavel     | 0,272  | 0,560   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,8  | 0,15 | 0,000000001 | 0,0001 | 0,5    | Aceitavel     | 0,422  | 0,870   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,7  | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0,5    | Aceitavel     | 0,252  | 0,520   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,75 | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0,5    | Aceitavel     | 0,252  | 0,520   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0,5    | Aceitavel     | 0,379  | 0,780   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350 | 0,9  | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0,5    | Aceitavel     | 0,524  | 1,080   | B. Nativa            |

|            |       |        |        |      |             |        |        |               |           |            |                      |
|------------|-------|--------|--------|------|-------------|--------|--------|---------------|-----------|------------|----------------------|
| 10/02/2010 | 60,96 | 300    | 0.75   | 0.25 | 0.00001     | 0.0001 | 0,5    | Não Aceitável | 62,437    | 128,620    | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 330    | 0.8    | 3    | 0.00001     | 0.0001 | 0,5    | Não Aceitável | 47,573    | 98,000     | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 330    | 0.8    | 1    | 0.00001     | 0.0001 | 0,5    | Não Aceitável | 56,573    | 116,540    | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 272.73 | 0.648  | 4.76 | 0.007312    | 114.78 | 0,5    | Não Aceitável | 3459,078  | 7125,700   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 330    | 0.648  | 4    | 0.00001445  | 1000   | 0,5    | Não Aceitável | 1138,515  | 2345,340   | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350    | 0.85   | 0.25 | 0.000000001 | 0.0001 | 0,05   | Não Aceitável | 0,379     | 0,780      | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350    | 0,85   | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0,22   | Aceitavel     | 0,339     | 0,390      | B. Raleada           |
| 10/02/2010 | 60,96 | 350    | 0,85   | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 955,48 | Não Aceitável | 0,314     | 0,880      | B. queima e pastagem |
| 10/02/2010 | 60,96 | 20     | 0,4    | 2,2  | 0,5         | 0,0001 | 955,48 | Não Aceitável | 41978,436 | 117539,620 | B. queima e pastagem |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300    | 0,9    | 10,5 | 0,00003     | 0,1    | 955,48 | Não Aceitável | 68,711    | 192,390    | B. queima e pastagem |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300    | 0.9    | 0.25 | 0.00003     | 0.1    | 0,05   | Não Aceitável | 190,170   | 391,750    | B. Nativa            |
| 10/02/2010 | 60,96 | 300    | 0,9    | 0,2  | 0,00003     | 0,1    | 0,22   | Não Aceitável | 398,078   | 457,790    | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700    | 0,829  | 24,9 | 0,0001      | 0,0001 | 0,38   | Não Aceitável | 23,478    | 27,000     | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700    | 1      | 24,9 | 0,0001      | 0,0001 | 0,38   | Não Aceitável | 372,000   | 427,800    | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700    | 0,7    | 24,9 | 0,0001      | 0,0001 | 0,38   | Não Aceitável | 0,000     | 0,000      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700    | 0,8    | 24,9 | 0,0001      | 0,0001 | 0,38   | Não Aceitável | 1,852     | 2,130      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700    | 0,789  | 24,9 | 0,0001      | 0,0001 | 0,38   | Aceitavel     | 0,322     | 0,370      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700    | 0,791  | 24,9 | 0,0001      | 0,0001 | 0,38   | Aceitavel     | 0,722     | 0,830      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700    | 0,79   | 24,9 | 0,0001      | 0,0001 | 0,38   | Aceitavel     | 0,539     | 0,620      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700    | 0,7891 | 24,9 | 0,0001      | 0,0001 | 0,38   | Aceitavel     | 0,339     | 0,390      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700    | 0,7892 | 24,9 | 0,0001      | 0,0001 | 0,38   | Aceitavel     | 0,348     | 0,400      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300    | 0,45   | 25,1 | 0,0001      | 1      | 0,38   | Não Aceitável | 6,148     | 7,070      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300    | 0,46   | 25,9 | 0,0001      | 1      | 0,38   | Não Aceitável | 4,287     | 4,930      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300    | 0,46   | 27   | 0,0001      | 1      | 0,38   | Não Aceitável | 3,330     | 3,830      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 310    | 0,46   | 27   | 0,0001      | 1      | 0,38   | Não Aceitável | 3,643     | 4,190      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 280    | 0,46   | 27   | 0,0001      | 1      | 0,38   | Não Aceitável | 5,374     | 6,180      | B. Raleada           |

|            |       |     |       |      |        |        |      |               |          |          |            |
|------------|-------|-----|-------|------|--------|--------|------|---------------|----------|----------|------------|
| 15/02/2010 | 63,25 | 290 | 0,46  | 27   | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 3,974    | 4,570    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,46  | 25,2 | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 7,870    | 9,050    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,46  | 28   | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 2,930    | 3,370    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,46  | 30   | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,46  | 29   | 0,0001 | 1      | 0,38 | Aceitavel     | 0,191    | 0,220    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,46  | 28,5 | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 1,522    | 1,750    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,46  | 28,7 | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 0,965    | 1,110    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,46  | 28,9 | 0,0001 | 1      | 0,38 | Aceitavel     | 0,391    | 0,450    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,46  | 28,9 | 0,001  | 1      | 0,38 | Aceitavel     | 0,235    | 0,270    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,46  | 28,9 | 0,01   | 1      | 0,38 | Aceitavel     | 0,235    | 0,270    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700 | 0,46  | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700 | 0,47  | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 700 | 0,5   | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,5   | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 12,278   | 14,120   | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,263 | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,4   | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 2,026    | 2,330    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,3   | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,39  | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 1,565    | 1,800    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,38  | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 1,043    | 1,200    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,35  | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,36  | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Não Aceitável | 0,104    | 0,120    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,37  | 25,1 | 0,0001 | 0,0001 | 0,38 | Aceitavel     | 0,574    | 0,660    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,37  | 29   | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 146,904  | 168,940  | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 450 | 0,009 | 9,4  | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000    | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 450 | 0,37  | 9,4  | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 157,235  | 180,820  | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,37  | 9,4  | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 262,948  | 302,390  | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 1     | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 1332,591 | 1532,480 | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300 | 0,7   | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 1110,409 | 1276,970 | B. Raleada |
| 15/02/2010 | 63,25 | 200 | 0,7   | 0,25 | 0,0001 | 1      | 0,38 | Não Aceitável | 1149,504 | 1321,930 | B. Raleada |

|            |       |        |       |      |            |        |        |               |           |            |                      |
|------------|-------|--------|-------|------|------------|--------|--------|---------------|-----------|------------|----------------------|
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0.25  | 3    | 0.00000001 | 0.0001 | 0,34   | Não Aceitável | 0,024     | 0,050      | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 0,38   | Não Aceitável | 0,122     | 0,140      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 1298,7 | Não Aceitável | 0,032     | 0,090      | B. queima e pastagem |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0,8   | 0,25 | 0,00001    | 0,0001 | 1298,7 | Não Aceitável | 50,686    | 141,920    | B. queima e pastagem |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,34   | Não Aceitável | 0,160     | 0,330      | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0.8   | 0.35 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,34   | Não Aceitável | 0,063     | 0,130      | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0.8   | 0.45 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,34   | Não Aceitável | 0,058     | 0,120      | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0.8   | 0.15 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,34   | Aceitavel     | 0,296     | 0,610      | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0.7   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,34   | Não Aceitável | 0,063     | 0,130      | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0.75  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,34   | Não Aceitável | 0,063     | 0,130      | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,34   | Aceitavel     | 0,199     | 0,410      | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0.9   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,34   | Aceitavel     | 0,374     | 0,770      | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300    | 0.75  | 0.25 | 0.00001    | 0.0001 | 0,34   | Não Aceitável | 64,369    | 132,600    | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 330    | 0.8   | 3    | 0.00001    | 0.0001 | 0,34   | Não Aceitável | 39,961    | 82,320     | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 330    | 0.8   | 1    | 0.00001    | 0.0001 | 0,34   | Não Aceitável | 50,932    | 104,920    | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 272.73 | 0.648 | 4.76 | 0.007312   | 114.78 | 0,34   | Não Aceitável | 3623,456  | 7464,320   | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 330    | 0.648 | 4    | 0.00001445 | 1000   | 0,34   | Não Aceitável | 891,359   | 1836,200   | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0,38   | Aceitavel     | 0,426     | 0,490      | B. Raleada           |
| 15/02/2010 | 63,25 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 1298,7 | Não Aceitável | 0,104     | 0,290      | B. queima e pastagem |
| 15/02/2010 | 63,25 | 20     | 0,4   | 2,2  | 0,5        | 0,0001 | 1298,7 | Não Aceitável | 43905,300 | 122934,840 | B. queima e pastagem |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300    | 0,9   | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 1298,7 | Não Aceitável | 67,443    | 188,840    | B. queima e pastagem |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300    | 0.9   | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0,34   | Não Aceitável | 204,049   | 420,340    | B. Nativa            |
| 15/02/2010 | 63,25 | 300    | 0,9   | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0,38   | Não Aceitável | 439,148   | 505,020    | B. Raleada           |
| 21/03/2010 | 80,26 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0      | Não Aceitável | 0,471     | 0,970      | B. Nativa            |
| 21/03/2010 | 80,26 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,443     | 0,510      | B. Raleada           |

|            |       |     |        |      |            |        |       |               |           |            |                      |
|------------|-------|-----|--------|------|------------|--------|-------|---------------|-----------|------------|----------------------|
| 21/03/2010 | 80,26 | 350 | 0,85   | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 37,54 | Não Aceitável | 0,082     | 0,230      | B. queima e pastagem |
| 21/03/2010 | 80,26 | 20  | 0,4    | 2,2  | 0,5        | 0,0001 | 37,54 | Não Aceitável | 34801,650 | 97444,620  | B. queima e pastagem |
| 21/03/2010 | 80,26 | 300 | 0,9    | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 37,54 | Aceitavel     | 68,314    | 191,280    | B. queima e pastagem |
| 21/03/2010 | 80,26 | 300 | 0,9    | 0,25 | 0,00003    | 0,1    | 0     | Não Aceitável | 290,087   | 597,580    | B. Nativa            |
| 21/03/2010 | 80,26 | 300 | 0,9    | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0     | Não Aceitável | 627,148   | 721,220    | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 700 | 0,7892 | 25,1 | 0,0001     | 0,0001 | 0,025 | Não Aceitável | 0,009     | 0,010      | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 263 | 0,829  | 0,09 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 977,391   | 1124,000   | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 263 | 0,7    | 0,09 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 958,174   | 1101,900   | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 330 | 0,7    | 4    | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 501,513   | 576,740    | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 330 | 0,7    | 0,2  | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 915,183   | 1052,460   | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 330 | 0,7    | 0,2  | 0,0001     | 0,1    | 0,025 | Não Aceitável | 912,722   | 1049,630   | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 330 | 0,7    | 0,2  | 0,0001     | 0,001  | 0,025 | Não Aceitável | 912,722   | 1049,630   | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 330 | 0,7    | 0,2  | 0,1        | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 90383,287 | 103940,780 | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 400 | 0,7    | 0,2  | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 1133,157  | 1303,130   | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 700 | 0,7    | 0,2  | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 1086,887  | 1249,920   | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,7    | 20   | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 112,730   | 129,640    | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,7    | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 51,287    | 58,980     | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,8    | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 140,713   | 161,820    | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,3    | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 0,000     | 0,000      | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,5    | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 4,852     | 5,580      | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,4    | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 0,000     | 0,000      | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,49   | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 4,470     | 5,140      | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,48   | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 4,348     | 5,000      | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,47   | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 4,009     | 4,610      | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,46   | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 3,409     | 3,920      | B. Raleada           |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,45   | 25,1 | 0,0001     | 1      | 0,025 | Não Aceitável | 4,017     | 4,620      | B. Raleada           |

|            |       |        |       |      |            |        |        |               |          |          |                         |
|------------|-------|--------|-------|------|------------|--------|--------|---------------|----------|----------|-------------------------|
| 27/03/2010 | 47,50 | 450    | 0,009 | 9,4  | 0,0001     | 1      | 0,025  | Não Aceitável | 18,000   | 20,700   | B. Raleada              |
| 27/03/2010 | 47,50 | 450    | 0,37  | 9,4  | 0,0001     | 1      | 0,025  | Não Aceitável | 37,496   | 43,120   | B. Raleada              |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300    | 0,37  | 9,4  | 0,0001     | 1      | 0,025  | Não Aceitável | 117,226  | 134,810  | B. Raleada              |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300    | 1     | 0,25 | 0,0001     | 1      | 0,025  | Não Aceitável | 1019,687 | 1172,640 | B. Raleada              |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300    | 0,7   | 0,25 | 0,0001     | 1      | 0,025  | Não Aceitável | 907,617  | 1043,760 | B. Raleada              |
| 27/03/2010 | 47,50 | 200    | 0,7   | 0,25 | 0,0001     | 1      | 0,025  | Não Aceitável | 928,139  | 1067,360 | B. Raleada              |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.25  | 3    | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,019    | 0,040    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 17,29  | Não Aceitável | 0,052    | 0,060    | B. Raleada              |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 128,26 | Não Aceitável | 0,014    | 0,040    | B. queima<br>e pastagem |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0,8   | 0,25 | 0,00001    | 0,0001 | 128,26 | Não Aceitável | 36,675   | 102,690  | B. queima<br>e pastagem |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,049    | 0,100    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.8   | 0.35 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,049    | 0,100    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.8   | 0.45 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,049    | 0,100    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.8   | 0.15 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,049    | 0,100    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.7   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,049    | 0,100    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.75  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,049    | 0,100    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,049    | 0,100    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.9   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,049    | 0,100    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300    | 0.75  | 0.25 | 0.00001    | 0.0001 | 0,025  | Não Aceitável | 47,277   | 97,390   | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 330    | 0.8   | 3    | 0.00001    | 0.0001 | 0,025  | Não Aceitável | 35,320   | 72,760   | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 330    | 0.8   | 1    | 0.00001    | 0.0001 | 0,025  | Não Aceitável | 42,684   | 87,930   | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 272.73 | 0.648 | 4.76 | 0.007312   | 114.78 | 0,025  | Não Aceitável | 2949,393 | 6075,750 | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 330    | 0.648 | 4    | 0.00001445 | 1000   | 0,025  | Não Aceitável | 737,714  | 1519,690 | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,025  | Aceitavel     | 0,049    | 0,100    | B. Nativa               |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 17,29  | Não Aceitável | 0,139    | 0,160    | B. Raleada              |
| 27/03/2010 | 47,50 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 128,26 | Não Aceitável | 0,039    | 0,110    | B. queima<br>e pastagem |

|            |       |     |      |      |            |        |        |               |           |            |                      |
|------------|-------|-----|------|------|------------|--------|--------|---------------|-----------|------------|----------------------|
| 27/03/2010 | 47,50 | 20  | 0,4  | 2,2  | 0,5        | 0,0001 | 128,26 | Não Aceitável | 36066,964 | 100987,500 | B. queima e pastagem |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 128,26 | Não Aceitável | 48,904    | 136,930    | B. queima e pastagem |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,9  | 0,25 | 0,00003    | 0,1    | 0,025  | Não Aceitável | 144,820   | 298,330    | B. Nativa            |
| 27/03/2010 | 47,50 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 17,29  | Não Aceitável | 316,757   | 364,270    | B. Raleada           |
| 28/03/2010 | 10,41 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,010     | 0,020      | B. Nativa            |
| 28/03/2010 | 10,41 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,043     | 0,050      | B. Raleada           |
| 28/03/2010 | 10,41 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 35,96  | Não Aceitável | 0,011     | 0,030      | B. queima e pastagem |
| 28/03/2010 | 10,41 | 20  | 0,4  | 2,2  | 0,5        | 0,0001 | 35,96  | Não Aceitável | 721,943   | 2021,440   | B. queima e pastagem |
| 28/03/2010 | 10,41 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 35,96  | Não Aceitável | 0,275     | 0,770      | B. queima e pastagem |
| 28/03/2010 | 10,41 | 300 | 0,9  | 0,25 | 0,00003    | 0,1    | 0      | Não Aceitável | 33,519    | 69,050     | B. Nativa            |
| 28/03/2010 | 10,41 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0      | Não Aceitável | 69,313    | 79,710     | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,46 | 28,9 | 0,0001     | 1      | 0,285  | Não Aceitável | 0,000     | 0,000      | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,46 | 28,9 | 0,01       | 1      | 0,285  | Não Aceitável | 0,000     | 0,000      | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,46 | 28,9 | 0,0001     | 0,0001 | 0,285  | Não Aceitável | 0,000     | 0,000      | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,46 | 28,9 | 0,01       | 0,1    | 0,285  | Não Aceitável | 0,000     | 0,000      | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 1    | 28,9 | 0,01       | 0,1    | 0,285  | Não Aceitável | 102,409   | 117,770    | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,37 | 25,1 | 0,0001     | 0,0001 | 0,285  | Não Aceitável | 0,000     | 0,000      | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,37 | 26   | 0,0001     | 0,0001 | 0,285  | Não Aceitável | 0,000     | 0,000      | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,37 | 0,2  | 0,0001     | 0,0001 | 0,285  | Não Aceitável | 382,609   | 440,000    | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,37 | 0,2  | 0,0001     | 1      | 0,285  | Não Aceitável | 383,435   | 440,950    | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,37 | 5    | 0,0001     | 1      | 0,285  | Não Aceitável | 2,026     | 2,330      | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,37 | 3    | 0,0001     | 1      | 0,285  | Não Aceitável | 47,748    | 54,910     | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,37 | 4    | 0,0001     | 1      | 0,285  | Não Aceitável | 13,435    | 15,450     | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300 | 0,37 | 27   | 0,0001     | 1      | 0,285  | Não Aceitável | 1,443     | 1,660      | B. Raleada           |

|            |       |        |       |      |            |        |       |               |          |           |                      |
|------------|-------|--------|-------|------|------------|--------|-------|---------------|----------|-----------|----------------------|
| 29/03/2010 | 28,70 | 300    | 0,37  | 30   | 0,0001     | 1      | 0,285 | Não Aceitável | 0,078    | 0,090     | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300    | 0,37  | 29   | 0,0001     | 1      | 0,285 | Aceitavel     | 0,504    | 0,580     | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 450    | 0,009 | 9,4  | 0,0001     | 1      | 1,81  | Não Aceitável | 0,000    | 0,000     | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 450    | 0,37  | 9,4  | 0,0001     | 1      | 1,81  | Não Aceitável | 0,000    | 0,000     | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0.25  | 3    | 0.00000001 | 0.0001 | 0,285 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000     | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 1,81  | Não Aceitável | 0,000    | 0,000     | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 48,86 | Não Aceitável | 0,000    | 0,000     | B. queima e pastagem |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0,8   | 0,25 | 0,00001    | 0,0001 | 48,86 | Não Aceitável | 22,207   | 62,180    | B. queima e pastagem |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,285 | Aceitavel     | 0,316    | 0,650     | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0.8   | 0.35 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,285 | Aceitavel     | 0,243    | 0,500     | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0.8   | 0.45 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,285 | Não Aceitável | 0,024    | 0,050     | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0.8   | 0.15 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,285 | Aceitavel     | 0,272    | 0,560     | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0.7   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,285 | Não Aceitável | 0,024    | 0,050     | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0.75  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,285 | Não Aceitável | 0,039    | 0,080     | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,285 | Aceitavel     | 0,214    | 0,440     | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0.9   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,285 | Aceitavel     | 0,544    | 1,120     | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300    | 0.75  | 0.25 | 0.00001    | 0.0001 | 0,285 | Não Aceitável | 27,141   | 55,910    | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 330    | 0.8   | 3    | 0.00001    | 0.0001 | 0,285 | Não Aceitável | 13,340   | 27,480    | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 330    | 0.8   | 1    | 0.00001    | 0.0001 | 0,285 | Não Aceitável | 19,044   | 39,230    | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 272.73 | 0.648 | 4.76 | 0.007312   | 114.78 | 0,285 | Não Aceitável | 406,529  | 837,450   | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 330    | 0.648 | 4    | 0.00001445 | 1000   | 0,285 | Não Aceitável | 134,316  | 276,690   | B. Nativa            |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 1,81  | Não Aceitável | 0,322    | 0,370     | B. Raleada           |
| 29/03/2010 | 28,70 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 48,86 | Não Aceitável | 0,343    | 0,960     | B. queima e pastagem |
| 29/03/2010 | 28,70 | 20     | 0,4   | 2,2  | 0,5        | 0,0001 | 48,86 | Não Aceitável | 7857,832 | 22001,930 | B. queima e pastagem |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300    | 0,9   | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 48,86 | Não Aceitável | 20,607   | 57,700    | B. queima e pastagem |

|            |       |        |       |      |            |        |        |               |           |           |                         |
|------------|-------|--------|-------|------|------------|--------|--------|---------------|-----------|-----------|-------------------------|
| 29/03/2010 | 28,70 | 300    | 0.9   | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0,285  | Não Aceitável | 90,655    | 186,750   | B. Nativa               |
| 29/03/2010 | 28,70 | 300    | 0,9   | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 1,81   | Não Aceitável | 195,191   | 224,470   | B. Raleada              |
| 11/04/2010 | 56,90 | 450    | 0,009 | 9,4  | 0,0001     | 1      | 5,92   | Não Aceitável | 0,000     | 0,000     | B. Raleada              |
| 11/04/2010 | 56,90 | 450    | 0,37  | 9,4  | 0,0001     | 1      | 5,92   | Não Aceitável | 2,052     | 2,360     | B. Raleada              |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.25  | 3    | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,015     | 0,030     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 5,92   | Não Aceitável | 0,035     | 0,040     | B. Raleada              |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 108,06 | Não Aceitável | 0,011     | 0,030     | B. queima<br>e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0,8   | 0,25 | 0,00001    | 0,0001 | 108,06 | Não Aceitável | 53,332    | 149,330   | B. queima<br>e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,316     | 0,650     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.8   | 0.35 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,248     | 0,510     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.8   | 0.45 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,340     | 0,700     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.8   | 0.15 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,398     | 0,820     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.7   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,204     | 0,420     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.75  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,544     | 1,120     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,374     | 0,770     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.9   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,447     | 0,920     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300    | 0.75  | 0.25 | 0.00001    | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,277     | 0,570     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 330    | 0.8   | 3    | 0.00001    | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 28,850    | 59,430    | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 330    | 0.8   | 1    | 0.00001    | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 51,709    | 106,520   | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 272.73 | 0.648 | 4.76 | 0.007312   | 114.78 | 0,077  | Não Aceitável | 1599,286  | 3294,530  | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 330    | 0.648 | 4    | 0.00001445 | 1000   | 0,077  | Não Aceitável | 436,214   | 898,600   | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0,077  | Não Aceitável | 0,374     | 0,770     | B. Nativa               |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 5,92   | Não Aceitável | 0,948     | 1,090     | B. Raleada              |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 108,06 | Não Aceitável | 0,332     | 0,930     | B. queima<br>e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 20     | 0,4   | 2,2  | 0,5        | 0,0001 | 108,06 | Não Aceitável | 21656,829 | 60639,120 | B. queima<br>e pastagem |

|            |       |     |     |     |            |        |        |               |          |           |                      |
|------------|-------|-----|-----|-----|------------|--------|--------|---------------|----------|-----------|----------------------|
| 11/04/2010 | 56,90 | 350 | 0,4 | 6,5 | 0,00000001 | 0,0001 | 108,06 | Não Aceitável | 0,004    | 0,010     | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350 | 0,4 | 6,5 | 0,00000001 | 0,0001 | 108,06 | Não Aceitável | 0,054    | 0,150     | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350 | 0,9 | 6,5 | 0,00000001 | 0,0001 | 108,06 | Não Aceitável | 0,200    | 0,560     | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350 | 0,9 | 6,5 | 0,00000001 | 0,0001 | 108,06 | Não Aceitável | 1,500    | 4,200     | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 350 | 0,9 | 11  | 0,00000001 | 0,0001 | 108,06 | Não Aceitável | 1,489    | 4,170     | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 260 | 0,9 | 3,5 | 0,01       | 654    | 108,06 | Não Aceitável | 4345,129 | 12166,360 | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 260 | 0,9 | 3,5 | 0,01       | 100    | 108,06 | Não Aceitável | 4339,546 | 12150,730 | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 260 | 0,9 | 3,5 | 0,0001     | 100    | 108,06 | Não Aceitável | 244,511  | 684,630   | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9 | 3,5 | 0,0001     | 100    | 108,06 | Não Aceitável | 238,157  | 666,840   | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9 | 3   | 0,0001     | 100    | 108,06 | Não Aceitável | 358,550  | 1003,940  | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9 | 9   | 0,0001     | 100    | 108,06 | Aceitavel     | 189,943  | 531,840   | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9 | 9   | 0,0001     | 0,1    | 108,06 | Aceitavel     | 127,246  | 356,290   | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9 | 9   | 0,000001   | 0,1    | 108,06 | Não Aceitável | 15,764   | 44,140    | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9 | 9   | 0,000002   | 0,1    | 108,06 | Não Aceitável | 29,961   | 83,890    | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9 | 9   | 0,000003   | 0,1    | 108,06 | Não Aceitável | 43,511   | 121,830   | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9 | 6,5 | 0,000003   | 0,1    | 108,06 | Aceitavel     | 58,589   | 164,050   | B. queima            |

|            |       |     |       |      |            |        |        |               |         |         |                      |
|------------|-------|-----|-------|------|------------|--------|--------|---------------|---------|---------|----------------------|
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9   | 8    | 0,00003    | 0,1    | 108,06 | Não Aceitável | 48,125  | 134,750 | e pastagem           |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9   | 10   | 0,00003    | 0,1    | 108,06 | Não Aceitável | 39,546  | 110,730 | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9   | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 108,06 | Não Aceitável | 38,118  | 106,730 | B. queima e pastagem |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9   | 0,25 | 0,00003    | 0,1    | 0,077  | Não Aceitável | 203,403 | 419,010 | B. Nativa            |
| 11/04/2010 | 56,90 | 300 | 0,9   | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 5,92   | Não Aceitável | 440,243 | 506,280 | B. Raleada           |
| 16/04/2010 | 18,54 | 350 | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,019   | 0,040   | B. Nativa            |
| 16/04/2010 | 18,54 | 350 | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0,34   | Não Aceitável | 0,052   | 0,060   | B. Raleada           |
| 16/04/2010 | 18,54 | 350 | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 1,91   | Não Aceitável | 0,014   | 0,040   | B. queima e pastagem |
| 16/04/2010 | 18,54 | 300 | 0,9   | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 1,91   | Não Aceitável | 12,539  | 35,110  | B. queima e pastagem |
| 16/04/2010 | 18,54 | 300 | 0,9   | 0,25 | 0,00003    | 0,1    | 0      | Não Aceitável | 56,277  | 115,930 | B. Nativa            |
| 16/04/2010 | 18,54 | 300 | 0,9   | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0,34   | Não Aceitável | 122,948 | 141,390 | B. Raleada           |
| 19/04/2010 | 50,04 | 450 | 0,009 | 9,4  | 0,0001     | 1      | 0,68   | Não Aceitável | 18,035  | 20,740  | B. Raleada           |
| 19/04/2010 | 50,04 | 450 | 0,37  | 9,4  | 0,0001     | 1      | 0,68   | Não Aceitável | 41,983  | 48,280  | B. Raleada           |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350 | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,015   | 0,030   | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350 | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 0,68   | Não Aceitável | 0,043   | 0,050   | B. Raleada           |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350 | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 357,46 | Não Aceitável | 0,014   | 0,040   | B. queima e pastagem |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350 | 0,8   | 0,25 | 0,00001    | 0,0001 | 357,46 | Não Aceitável | 40,250  | 112,700 | B. queima e pastagem |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350 | 0,8   | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,097   | 0,200   | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350 | 0,8   | 0,35 | 0,00000001 | 0,0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,073   | 0,150   | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350 | 0,8   | 0,45 | 0,00000001 | 0,0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,053   | 0,110   | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350 | 0,8   | 0,15 | 0,00000001 | 0,0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,087   | 0,180   | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350 | 0,7   | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,058   | 0,120   | B. Nativa            |

|            |       |        |       |      |            |        |        |               |          |          |                      |
|------------|-------|--------|-------|------|------------|--------|--------|---------------|----------|----------|----------------------|
| 19/04/2010 | 50,04 | 350    | 0.75  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,078    | 0,160    | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,150    | 0,310    | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350    | 0.9   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,083    | 0,170    | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 300    | 0.75  | 0.25 | 0.00001    | 0.0001 | 111,93 | Não Aceitável | 50,816   | 104,680  | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 330    | 0.8   | 3    | 0.00001    | 0.0001 | 111,93 | Não Aceitável | 27,136   | 55,900   | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 330    | 0.8   | 1    | 0.00001    | 0.0001 | 111,93 | Não Aceitável | 40,015   | 82,430   | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 272.73 | 0.648 | 4.76 | 0.007312   | 114.78 | 111,93 | Não Aceitável | 2556,306 | 5265,990 | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 330    | 0.648 | 4    | 0.00001445 | 1000   | 111,93 | Não Aceitável | 663,597  | 1367,010 | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 111,93 | Não Aceitável | 0,150    | 0,310    | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0,68   | Não Aceitável | 0,200    | 0,230    | B. Raleada           |
| 19/04/2010 | 50,04 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 357,46 | Não Aceitável | 0,071    | 0,200    | B. queima e pastagem |
| 19/04/2010 | 50,04 | 300    | 0,9   | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 357,46 | Não Aceitável | 46,600   | 130,480  | B. queima e pastagem |
| 19/04/2010 | 50,04 | 300    | 0.9   | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 111,93 | Aceitavel     | 160,718  | 331,080  | B. Nativa            |
| 19/04/2010 | 50,04 | 300    | 0,9   | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0,68   | Não Aceitável | 349,061  | 401,420  | B. Raleada           |
| 30/04/2010 | 56,13 | 450    | 0,009 | 9,4  | 0,0001     | 1      | 15,39  | Não Aceitável | 0,817    | 0,940    | B. Raleada           |
| 30/04/2010 | 56,13 | 450    | 0,37  | 9,4  | 0,0001     | 1      | 15,39  | Aceitavel     | 11,852   | 13,630   | B. Raleada           |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.25  | 3    | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 0,019    | 0,040    | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 15,39  | Não Aceitável | 0,087    | 0,100    | B. Raleada           |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0,25  | 3    | 0,00000001 | 0,0001 | 132,01 | Não Aceitável | 0,014    | 0,040    | B. queima e pastagem |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0,8   | 0,25 | 0,00001    | 0,0001 | 132,01 | Não Aceitável | 47,400   | 132,720  | B. queima e pastagem |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 0,087    | 0,180    | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.8   | 0.35 | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 0,228    | 0,470    | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.8   | 0.45 | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 0,204    | 0,420    | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.8   | 0.15 | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 0,136    | 0,280    | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.7   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 1,131    | 2,330    | B. Nativa            |

|            |       |        |       |      |            |        |        |               |          |          |                      |
|------------|-------|--------|-------|------|------------|--------|--------|---------------|----------|----------|----------------------|
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.75  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 0,170    | 0,350    | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 0,189    | 0,390    | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.9   | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 0,286    | 0,590    | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 300    | 0.75  | 0.25 | 0.00001    | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 60,408   | 124,440  | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 330    | 0.8   | 3    | 0.00001    | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 36,816   | 75,840   | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 330    | 0.8   | 1    | 0.00001    | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 52,165   | 107,460  | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 272.73 | 0.648 | 4.76 | 0.007312   | 114.78 | 56.775 | Não Aceitável | 2044,170 | 4210,990 | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 330    | 0.648 | 4    | 0.00001445 | 1000   | 56.775 | Não Aceitável | 644,864  | 1328,420 | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 56.775 | Não Aceitável | 0,189    | 0,390    | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 15,39  | Não Aceitável | 0,374    | 0,430    | B. Raleada           |
| 30/04/2010 | 56,13 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 132,01 | Não Aceitável | 0,125    | 0,350    | B. queima e pastagem |
| 30/04/2010 | 56,13 | 300    | 0,9   | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 132,01 | Não Aceitável | 55,254   | 154,710  | B. queima e pastagem |
| 30/04/2010 | 56,13 | 300    | 0.9   | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 56.775 | Não Aceitável | 185,782  | 382,710  | B. Nativa            |
| 30/04/2010 | 56,13 | 300    | 0,9   | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 15,39  | Não Aceitável | 403,122  | 463,590  | B. Raleada           |
| 05/05/2010 | 19,30 | 350    | 0.85  | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0      | Não Aceitável | 0,495    | 1,020    | B. Nativa            |
| 05/05/2010 | 19,30 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,209    | 0,240    | B. Raleada           |
| 05/05/2010 | 19,30 | 350    | 0,85  | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0,24   | Aceitavel     | 0,311    | 0,870    | B. queima e pastagem |
| 05/05/2010 | 19,30 | 300    | 0,9   | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 0,24   | Não Aceitável | 0,000    |          | B. queima e pastagem |
| 05/05/2010 | 19,30 | 300    | 0.9   | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0      | Aceitavel     | 0,000    |          | B. Nativa            |
| 05/05/2010 | 19,30 | 300    | 0,9   | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0      | Aceitavel     | 0,000    |          | B. Raleada           |
| 01/02/2011 | 61,88 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.000002   | 0.0001 | 443,4  | Não Aceitável | 14,311   | 29,480   | B. Nativa            |
| 02/02/2011 | 12,00 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.000002   | 0.0001 | 1,11   | Não Aceitável | 2,908    | 5,990    | B. Nativa            |
| 20/02/2011 | 16,65 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.000002   | 0.0001 | 0,36   | Não Aceitável | 4,723    | 9,730    | B. Nativa            |
| 15/04/2011 | 16,13 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.000002   | 0.0001 | 0,94   | Não Aceitável | 4,461    | 9,190    | B. Nativa            |
| 21/04/2011 | 23,00 | 350    | 0.8   | 0.25 | 0.000002   | 0.0001 | 21,98  | Não Aceitável | 5,165    | 10,640   | B. Nativa            |

|            |       |     |      |      |             |        |       |               |         |         |                      |
|------------|-------|-----|------|------|-------------|--------|-------|---------------|---------|---------|----------------------|
| 21/04/2011 | 23,00 | 350 | 0.8  | 0,3  | 0,0000002   | 0,0001 | 21,98 | Não Aceitável | 5,049   | 10,400  | B. Nativa            |
| 21/04/2011 | 23,00 | 350 | 0.8  | 0,3  | 0,0000003   | 0,0001 | 21,98 | Não Aceitável | 7,553   | 15,560  | B. Nativa            |
| 21/04/2011 | 23,00 | 350 | 0.8  | 0,3  | 0,000003    | 0,0001 | 21,98 | Não Aceitável | 71,510  | 147,310 | B. Nativa            |
| 21/04/2011 | 23,00 | 350 | 0.8  | 0,3  | 0,000002    | 0,0001 | 21,98 | Não Aceitável | 48,568  | 100,050 | B. Nativa            |
| 22/01/2013 | 36,50 | 350 | 0.85 | 0.25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0     | Não Aceitável | 0,597   | 1,230   | B. Nativa            |
| 22/01/2013 | 36,50 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0     | Não Aceitável | 0,148   | 0,170   | B. Raleada           |
| 22/01/2013 | 36,50 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 2,78  | Não Aceitável | 0,025   | 0,070   | B. queima e pastagem |
| 22/01/2013 | 36,50 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,000003    | 0,1    | 2,78  | Não Aceitável | 14,779  | 41,380  | B. queima e pastagem |
| 22/01/2013 | 36,50 | 300 | 0.9  | 0.25 | 0,000003    | 0.1    | 0     | Não Aceitável | 91,233  | 187,940 | B. Nativa            |
| 22/01/2013 | 36,50 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,000003    | 0,1    | 0     | Não Aceitável | 197,730 | 227,390 | B. Raleada           |
| 16/02/2013 | 34,00 | 350 | 0.85 | 0.25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0     | Não Aceitável | 0,306   | 0,630   | B. Nativa            |
| 16/02/2013 | 34,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0     | Não Aceitável | 0,583   | 0,670   | B. Raleada           |
| 16/02/2013 | 34,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 11,7  | Não Aceitável | 0,521   | 1,460   | B. queima e pastagem |
| 16/02/2013 | 34,00 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,000003    | 0,1    | 11,7  | Não Aceitável | 39,557  | 110,760 | B. queima e pastagem |
| 16/02/2013 | 34,00 | 300 | 0.9  | 0.25 | 0,000003    | 0.1    | 0     | Não Aceitável | 141,393 | 291,270 | B. Nativa            |
| 16/02/2013 | 34,00 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,000003    | 0,1    | 0     | Não Aceitável | 306,330 | 352,280 | B. Raleada           |
| 19/03/2013 | 35,00 | 350 | 0.85 | 0.25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0     | Não Aceitável | 0,257   | 0,530   | B. Nativa            |
| 19/03/2013 | 35,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0     | Não Aceitável | 0,583   | 0,670   | B. Raleada           |
| 19/03/2013 | 35,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 5,14  | Não Aceitável | 0,204   | 0,570   | B. queima e pastagem |
| 19/03/2013 | 35,00 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,000003    | 0,1    | 5,14  | Não Aceitável | 13,457  | 37,680  | B. queima e pastagem |
| 19/03/2013 | 35,00 | 300 | 0.9  | 0.25 | 0,000003    | 0.1    | 0     | Não Aceitável | 142,005 | 292,530 | B. Nativa            |
| 19/03/2013 | 35,00 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,000003    | 0,1    | 0     | Não Aceitável | 305,096 | 350,860 | B. Raleada           |
| 02/04/2013 | 18,00 | 350 | 0.85 | 0.25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0     | Não Aceitável | 0,015   | 0,030   | B. Nativa            |
| 02/04/2013 | 18,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,000000001 | 0,0001 | 0     | Não Aceitável | 0,035   | 0,040   | B. Raleada           |

|            |       |     |      |      |            |        |        |               |         |         |                      |
|------------|-------|-----|------|------|------------|--------|--------|---------------|---------|---------|----------------------|
| 02/04/2013 | 18,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 8,3    | Não Aceitável | 0,011   | 0,030   | B. queima e pastagem |
| 02/04/2013 | 18,00 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 8,3    | Aceitavel     | 9,714   | 27,200  | B. queima e pastagem |
| 02/04/2013 | 18,00 | 300 | 0.9  | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0      | Não Aceitável | 37,786  | 77,840  | B. Nativa            |
| 02/04/2013 | 18,00 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0      | Não Aceitável | 74,217  | 85,350  | B. Raleada           |
| 03/04/2013 | 13,50 | 350 | 0.85 | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0      | Não Aceitável | 0,015   | 0,030   | B. Nativa            |
| 03/04/2013 | 13,50 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,035   | 0,040   | B. Raleada           |
| 03/04/2013 | 13,50 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 5,35   | Não Aceitável | 0,011   | 0,030   | B. queima e pastagem |
| 03/04/2013 | 13,50 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 5,35   | Não Aceitável | 12,636  | 35,380  | B. queima e pastagem |
| 03/04/2013 | 13,50 | 300 | 0.9  | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0      | Não Aceitável | 42,874  | 88,320  | B. Nativa            |
| 03/04/2013 | 13,50 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0      | Não Aceitável | 84,070  | 96,680  | B. Raleada           |
| 12/04/2013 | 12,90 | 350 | 0.85 | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0      | Não Aceitável | 0,005   | 0,010   | B. Nativa            |
| 12/04/2013 | 12,90 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,017   | 0,020   | B. Raleada           |
| 12/04/2013 | 12,90 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 156,76 | Não Aceitável | 0,004   | 0,010   | B. queima e pastagem |
| 12/04/2013 | 12,90 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 156,76 | Não Aceitável | 7,579   | 21,220  | B. queima e pastagem |
| 12/04/2013 | 12,90 | 300 | 0.9  | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0      | Não Aceitável | 22,015  | 45,350  | B. Nativa            |
| 12/04/2013 | 12,90 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0      | Não Aceitável | 46,235  | 53,170  | B. Raleada           |
| 26/04/2013 | 40,00 | 350 | 0.85 | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0      | Não Aceitável | 0,942   | 1,940   | B. Nativa            |
| 26/04/2013 | 40,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0,4    | Não Aceitável | 0,861   | 0,990   | B. Raleada           |
| 26/04/2013 | 40,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,307   | 0,860   | B. queima e pastagem |
| 26/04/2013 | 40,00 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 0      | Não Aceitável | 41,436  | 116,020 | B. queima e pastagem |
| 26/04/2013 | 40,00 | 300 | 0.9  | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0      | Não Aceitável | 141,228 | 290,930 | B. Nativa            |
| 26/04/2013 | 40,00 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0,4    | Não Aceitável | 305,574 | 351,410 | B. Raleada           |

|            |        |     |      |      |            |        |        |               |         |          |                         |
|------------|--------|-----|------|------|------------|--------|--------|---------------|---------|----------|-------------------------|
| 09/05/2013 | 154,00 | 350 | 0.85 | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 26,35  | Não Aceitável | 0,296   | 0,610    | B. Nativa               |
| 09/05/2013 | 154,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0,02   | Não Aceitável | 0,774   | 0,890    | B. Raleada              |
| 09/05/2013 | 154,00 | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 158,76 | Não Aceitável | 0,411   | 1,150    | B. queima<br>e pastagem |
| 09/05/2013 | 154,00 | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 158,76 | Aceitavel     | 228,214 | 639,000  | B. queima<br>e pastagem |
| 09/05/2013 | 154,00 | 300 | 0.9  | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 26,35  | Não Aceitável | 455,068 | 937,440  | B. Nativa               |
| 09/05/2013 | 154,00 | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0,02   | Não Aceitável | 997,687 | 1147,340 | B. Raleada              |
| 06/06/2013 | 28,00  | 350 | 0.85 | 0.25 | 0.00000001 | 0.0001 | 0      | Não Aceitável | 0,015   | 0,030    | B. Nativa               |
| 06/06/2013 | 28,00  | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,043   | 0,050    | B. Raleada              |
| 06/06/2013 | 28,00  | 350 | 0,85 | 0,25 | 0,00000001 | 0,0001 | 0      | Não Aceitável | 0,011   | 0,030    | B. queima<br>e pastagem |
| 06/06/2013 | 28,00  | 300 | 0,9  | 10,5 | 0,00003    | 0,1    | 0      | Não Aceitável | 16,929  | 47,400   | B. queima<br>e pastagem |
| 06/06/2013 | 28,00  | 300 | 0.9  | 0.25 | 0.00003    | 0.1    | 0      | Não Aceitável | 47,024  | 96,870   | B. Nativa               |
| 06/06/2013 | 28,00  | 300 | 0,9  | 0,2  | 0,00003    | 0,1    | 0      | Não Aceitável | 101,678 | 116,930  | B. Raleada              |

Fonte: Autor (2016).

