

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MECANIZAÇÃO NO PREPARO DE SOLO EM ÁREAS  
DEGRADADAS POR MINERAÇÃO NA FLORESTA NACIONAL  
DO JAMARI (RONDÔNIA - BR)**

**ADMILSON ÍRIO RIBEIRO**

**CAMPINAS – SP  
NOVEMBRO 2005**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MECANIZAÇÃO NO PREPARO DE SOLO EM ÁREAS  
DEGRADADAS POR MINERAÇÃO NA FLORESTA NACIONAL  
DO JAMARI (RONDÔNIA - BR)**

Tese de doutorado submetido à banca examinadora  
para obtenção do título de doutor em **Engenharia  
Agrícola** na área de concentração de Máquinas  
Agrícolas

**ADMILSON ÍRIO RIBEIRO**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio José da Silva Maciel**

**CAMPINAS – SP  
NOVEMBRO 2005**

### **Amarra o Teu Arado a uma Estrela**

Se os frutos produzidos pela terra  
Ainda não são  
Tão doces e polpudos quanto as peras  
Da tua ilusão  
Amarra o teu arado a uma estrela  
E os tempos darão  
Safras e safras de sonhos  
Quilos e quilos de amor  
Noutros planetas risonhos  
Outras espécies de dor

Se os campos cultivados neste mundo  
São duros demais  
E os solos assolados pela guerra  
Não produzem a paz  
Amarra o teu arado a uma estrela  
E aí tu serás  
O lavrador louco dos astros  
O camponês solto nos céus  
E quanto mais longe da terra  
Tanto mais longe de Deus

***Gilberto Gil***

**Para**

**Regina Márcia Longo**

**&**

**Maria Luiza Longo Ribeiro**

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio J. da Silva Maciel: orientador e incentivador desse trabalho. Muito obrigado por esses agradáveis anos de convívio, por sua orientação e por toda alegria e caminhos que compartilhamos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro prestado, sem o qual, esse trabalho não se realizaria.

Ao Prof. Dr. Wanderley José de Melo e à Dr<sup>a</sup> Regina Márcia Longo pela confiança e o convite para participar de um projeto de tamanha importância para recuperação ambiental no País.

À Companhia Estanífera do Brasil – CESBRA/ BRASCAN na pessoa de seu presidente o Sr. Luiz Ricardo Renha que não mediu esforços em apoiar os trabalhos de recuperação desenvolvidos nas áreas.

À Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, pelas condições oferecidas para o desenvolvimento e conclusão deste curso e pelo grande carinho que encontrei por parte de todos os colegas, docentes e funcionários.

Ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA-FLONA do Jamari) pelo apoio de seus técnicos que sempre nos auxiliaram com grande competência e dedicação.

Ao geólogo Vian, o advogado Bento Porto e ao técnico João França equipe de meio ambiente da CESBRA, que nos recebeu de maneira profissional e amigosa, auxiliando sobremaneira os trabalhos na Floresta Nacional do Jamari.

Aos meus pais e irmãos, que no coração das montanhas das Minas Gerais ainda esperam por mim...

À vovó Nair no sorriso ou no choro sempre fazendo um belo macarrão.

Sei que é impossível agradecer convenientemente ou sequer reconhecer a influência que os Mestres, Amigos e Colegas exercem sobre o nosso trabalho. Portanto, gostaria de agradecer partes desse elenco não me intimidando com erros e omissões, pois sei que até nisso este grupo seletivo me perdoa.

Ao Prof. Dr. Edison Russo e toda sua família.

Aos meus padrinhos especiais: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Marlene Queiroz e ao brilhante Dr. Eng. Francisco Oliveira.

À sempre querida Kellinha, nossa grande amiga e companheira de tantas andanças.

Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Espíndola amigo e incentivador.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Néri e sua família.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto de Oliveira e sua família.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Volpato e sua família.

Ao Prof. Dr. Leonardo Silveira e sua família.

Ao Prof. Dr. Nilson Salvador e sua família.

Ao Prof. Giovanni Francisco Rabelo e suas meninas.

Ao Prof. Dr. Afonso Lopes e sua família.

Ao Prof. Dr. Inácio Dal Fabbro e sua família.

Aos amigos Manoel, Neder, Luiz, Carlos, Fábio e André.



## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
3.1. Áreas degradadas: conceitos e extensão.....	5
3.2. Recuperação de áreas degradadas por mineração.....	7
3.3. Antecedentes experimentais nas áreas degradadas da FLONA do Jamari .....	9
3.4. Operações de preparo na revegetação de áreas degradadas .....	10
3.5. Operações de recomposição topográfica nas áreas degradadas.....	12
3.6. Máquinas e equipamentos para o preparo de áreas degradadas.....	13
3.7. Máquinas para recomposição topográfica de áreas degradadas .....	16
3.8. Seleção de máquinas na recuperação de áreas degradadas.....	19
3.9. Indicadores biológicos de recuperação do solo em ambientes degradados .....	20
<b>4. MATERIAL &amp; MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
4.1. caracterização da área de estudo .....	25
4.1.1 Descrição sumaria da área .....	25
4.1.2. Escolha e descrição das áreas experimentais .....	27
4.1.3. Classificação dos substratos nas áreas experimentais.....	33

4.1.4. Métodos de exploração mineral .....	34
4.1.5. Caracterização dos substratos nas áreas experimentais .....	34
<b>4.2. Descrição das técnicas e estratégias de recuperação .....</b>	<b>39</b>
4.2.1. Utilização de compostos orgânicos.....	39
4.2.2. Adubação verde.....	40
4.2.3. Plantio de espécies nativas.....	42
4.2.4. Recobrimento do solo.....	44
<b>4.3. Metodologia de desenvolvimento do software .....</b>	<b>45</b>
4.3.1. Construção do banco de dados.....	47
4.3.2. Identificação das principais operações na recomposição topográfica e mobilização superficial de áreas degradadas.....	47
4.3.3. Sistemática de cálculo da estimativa da produção horária das máquinas e implementos .....	48
4.3.4. Sistemática de cálculos para análise do custo médio das operações .....	52
4.3.5. Planejamento das operações nas áreas degradadas e validação do programa .....	55
<b>4.4. Metodologia de avaliação do preparo superficial das áreas degradadas .....</b>	<b>64</b>
4.4.1. Análises químicas e físicas para fins de caracterização .....	64
4.4.2. Análise da variabilidade espacial do solo a resistência à penetração .....	65
4.4.3. Avaliação das áreas de piso de lavra após a mobilização superficial.....	67
<b>4.5. Avaliação do crescimento de leguminosas nas áreas mobilizadas de rejeito e piso de lavra .....</b>	<b>69</b>
<b>4.6. Avaliação da biomassa microbiana, atividade da desidrogenase e ciclagem de nutrientes após a incorporação da adubação verde.....</b>	<b>72</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>75</b>
<b>5.1. Desenvolvimento e utilização do software.....</b>	<b>75</b>
5.1.2. Biblioteca de cálculo do programa.....	81
5.1.3. Planejamento e custos das operações utilizando o software SGMAD .....	82
<b>5.2. Análise da avaliação do preparo superficial das áreas .....</b>	<b>86</b>
5.2.1. Caracterização química das áreas experimentais.....	86
5.2.2. Caracterização física dos substratos.....	88
5.2.3. Variabilidade espacial do solo a resistência à penetração .....	90
5.2.4. Avaliação das áreas de piso de lavra após a mobilização superficial.....	98
5.2.5. Avaliação do crescimento de leguminosas nas áreas mobilizadas de rejeito e piso de lavra .....	101
5.2.6. Biomassa microbiana, atividade da desidrogenase e ciclagem de nutrientes após a incorporação da adubação verde.....	104
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>109</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>111</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>121</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 – Recuperação de áreas degradadas na mineração</b>	<b>2</b>
<b>FIGURA 2 – Localização da Floresta do Jamari</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 3 - Dados de precipitação na FLONA do Jamari/RO</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 4 - Altura e diâmetro da base das espécies amostradas na Serra da Onça</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 5 – Área decapeada</b>	<b>35</b>
<b>FIGURA 6 - São Sebastião – antiga vila / não decapeada</b>	<b>36</b>
<b>FIGURA 7 - Taludes</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 8 – Cava de mina e seu piso</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 9 - Áreas de deposição de rejeito (arenoso)</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 10 - Preparação do composto orgânico</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 11 - Tapete verde formado por coquetel de leguminosas em piso de lavra Serra da Onça</b>	<b>42</b>
<b>FIGURA 12 - Rejeito arenoso sendo capeado com substrato argiloso</b>	<b>44</b>
<b>FIGURA 13 – Diagrama simplificado do software</b>	<b>46</b>
<b>FIGURA 14 – Compensação de cortes e volumes</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 15 - Terraço funcionando como obstáculo à expansão da floresta</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 16 – Planejamento das operações realizadas na recuperação das áreas</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 17 - Trator com lâmina operação de terraceamento</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 18 - Recomposição topográfica e preparo superficial da área</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 19 – Área preparada com composto aplicado na cova</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 20 – Trator de esteira com ríper</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 21 – Trator em operação de preparo superficial</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 22 - Operação de remoção e transporte</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 23 - Pá carregadora em operação de capeamento</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 24 - Rejeito arenoso capeado</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 25 – Perfurador de covas em área com plantio de leguminosas</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 26 - Escava carregadora na construção de estruturas hidráulicas</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 27 - Mapa base de resistência a penetração do solo com seus valores críticos (quartis)</b>	<b>66</b>
<b>FIGURA 28 - Mapa base de resistência a penetração do solo com seus valores críticos (quintis)</b>	<b>67</b>
<b>FIGURA 29 - Esquema de avaliação do solo mobilizado</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA 30 - Incorporação do material orgânico em superfície</b>	<b>73</b>
<b>FIGURA 31 – Tela de entrada</b>	<b>76</b>
<b>FIGURA 32 - Tela para simulação de uma aração</b>	<b>77</b>
<b>FIGURA 33 - Tela de análise dos custos do implemento.</b>	<b>78</b>
<b>FIGURA 34 - Tela de análise dos custos do trator.</b>	<b>79</b>
<b>FIGURA 35 – Tela de apresentação final</b>	<b>80</b>

<b>FIGURA 36 – Relatório final de saída do SGMAD</b>	<b>81</b>
<b>FIGURA 37– Curvas de resistência mecânica a penetração nos diferentes solos/substratos</b>	<b>89</b>
<b>FIGURA 38 – Histograma de frequência</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 39 – Histograma de percentagem acumulada</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 40 - Semivariograma em todas as direções</b>	<b>93</b>
<b>FIGURA 41- Semivariograma isotrópico</b>	<b>93</b>
<b>FIGURA 42 – Semivariograma anisotrópico</b>	<b>94</b>
<b>FIGURA 43 - Validação cruzada para o semivariograma isotrópico e anisotrópico, respectivamente</b>	<b>95</b>
<b>FIGURA 44 - Superfície interpolada para o semivariograma isotrópico</b>	<b>96</b>
<b>FIGURA 45 - Superfície interpolada para o semivariograma anisotrópico</b>	<b>96</b>
<b>FIGURA 46 - Superfície interpolada para o semivariograma isotrópico</b>	<b>97</b>
<b>FIGURA 47 - Superfície interpolada para o semivariograma anisotrópico</b>	<b>97</b>
<b>FIGURA 48 - Resistência mecânica a penetração antes e pós subsolagem</b>	<b>98</b>
<b>FIGURA 49 – Áreas de piso de lavra mobilizadas</b>	<b>99</b>
<b>FIGURA 50 – Percentagem de agregados retidos por peneiras</b>	<b>101</b>
<b>FIGURA 51 – Atividade da desidrogenase (<math>\mu\text{g}</math> de TPF.<math>\text{g}^{-1}</math> TFSE.<math>24\text{h}^{-1}</math>) em solo degradado após o plantio de leguminosas.</b>	<b>106</b>
<b>FIGURA 52 – Hidrólise do FDA (<math>\mu\text{g}</math> de fluoresceína.<math>\text{g}^{-1}</math> TFSE.<math>\text{h}^{-1}</math>) em solo degradado após o plantio de leguminosas.</b>	<b>107</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Distribuição das áreas degradadas em julho de 1998 (dados fornecidos pela CESBRA S/A)	27
TABELA 2 - Limites de classes de resistência de solos à penetração e graus de limitação ao crescimento das raízes (adaptada de CANARACHE, 1990)	66
TABELA 3 – Dados específicos para análise de custos	83
TABELA 4 – Necessidade de produção diária [recomposição topográfica]	83
TABELA 5 - Máquinas e fabricantes [recomposição topográfica]	84
TABELA 6 – Capacidade operacional [mobilização superficial]	84
TABELA 7 – Máquinas, modelo e estimativa de desempenho [mobilização superficial]	85
TABELA 8 - pH, matéria orgânica, SB, T, V e m	87
TABELA 9 - Macronutrientes	87
TABELA 10 - Micronutrientes	88
TABELA 11 - Umidade local, média da resistência a penetração e coeficiente de variação – Serra da Onça.	89
TABELA 12 - Características físicas dos substratos – Serra da Onça	90
TABELA 13 - Estatística descritiva da Resistência a Penetração do solo na profundidade de 0 a 25cm.	90
TABELA 14 - Parâmetros do modelo esférico ajustado ao semivariograma experimental	92
TABELA 15 - Parâmetros de mobilização e requerimento energético	99
TABELA 16 – Amostras de agregados retidos por peneiras - Ríper	100
TABELA 17 - Amostras de agregados retidos por peneiras – Ríper+ grade de discos	100
TABELA 18 – Matéria verde [g/ m <sup>2</sup> ] produzida em áreas de rejeito	102
TABELA 19 - Matéria seca [g/ m <sup>2</sup> ] produzida em áreas de rejeito	102
TABELA 20 - Matéria verde [g/ m <sup>2</sup> ] produzida em áreas piso de lavra	103
TABELA 21 - Matéria seca [g/ m <sup>2</sup> ] produzida em áreas piso de lavra	103
TABELA 22 - Nitrogênio e carbono da biomassa em solo minerado após plantio de leguminosas	105
TABELA 23 - Hidrólise do FDA e atividade da desidrogenase em solo minerado após plantio de leguminosas	106
TABELA 24 Nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio e matéria seca em solo minerado após plantio de leguminosas	108
TABELA 25 - Cobre, ferro, manganês, zinco, cálcio e magnésio em solo minerado após plantio de leguminosas	108

## RESUMO

A utilização dos recursos naturais de uma nação implica diretamente na manipulação de ambientes naturais da superfície terrestre. Nesse cenário, estimativas indicam que a mineração contribui em um por cento na degradação dos solos do planeta. Observa-se que, mesmo parecendo um valor pequeno esse percentual denota uma alta intensidade de degradação. Esta degradação ao meio provoca grandes modificações ao sistema, tendo um forte efeito perturbador na paisagem, porque requer a remoção da vegetação, do solo e das rochas que estejam acima dos depósitos minerais.

De acordo com a legislação ambiental vigente no Brasil e o processo de globalização mercadológico, intensifica-se o compromisso das nações em relação à preservação do meio ambiente. Surge, então, em função das respostas negativas da natureza ao seu intensivo uso, uma conscientização, por parte de empresas e órgãos, de que a ação antrópica sobre o meio tem que ser minimizada, tornando-se um desafio: desenvolvimento e sustentabilidade. Neste contexto, o presente trabalho utilizou-se da mecanização do preparo de solo, como uma técnica para aplicar em larga escala, as estratégias e métodos de recuperação de áreas mineradas, que foram pesquisadas e desenvolvidas experimentalmente por pesquisadores em um projeto temático de recuperação de áreas degradadas. Este trabalho foi realizado no ecossistema amazônico dentro da Floresta Nacional do Jamari Rondônia (FLONA do Jamari) em minas de cassiterita desativadas. Os objetivos deste trabalho foram:

1. Desenvolver um programa computacional capaz de gerenciar um banco de dados e auxiliar na seleção de máquinas e métodos de preparo para executar as operações de recomposição topográfica e preparo de superfícies em áreas degradadas por exploração mineral de cassiterita.
2. Utilizar o programa desenvolvido no planejamento de custos e desempenho operacional, para as operações requeridas nas estratégias de recuperação das áreas.
3. Analisar a produtividade vegetal nas áreas mobilizadas e qualidade da mobilização superficial, utilizando-se de indicadores e métodos de preparo do solo.
4. Avaliar por meio de indicadores biológicos a eficiência das estratégias e técnicas de recuperação que foram mecanizadas e aplicadas no local.

Os resultados mostraram que: o programa computacional (SGMAD) desenvolvido atendeu aos propósitos metodológicos estabelecidos (análise de custos e capacidade operacional) para o planejamento e a seleção de máquinas e métodos de preparo nas áreas de exploração mineral de cassiterita. Os métodos e a qualidade da mobilização superficial aplicados foram significativos para o desenvolvimento de leguminosas nas áreas. O uso de indicadores biológicos (biomassa microbiana e atividade enzimática) na avaliação das técnicas e estratégias adotadas revelou que o plantio de leguminosas e sua posterior incorporação vêm promovendo alterações graduais positivas em alguns dos parâmetros de solo/substrato analisados.

---

**Palavras-chave:** área degradada, recuperação, mineração, mecanização, máquinas, custos, solos.

## **Mechanical tillage of degraded mining areas at Jamari National Forest (Rondônia – BR)**

### **ABSTRACT**

The usage of a nation's natural resources directly implies the manipulation of natural environments on the terrestrial surface. In this scenario, estimates indicate that mining contributes to one percent of the degradation of the soils of the planet. It is observable that, although it seems to be a small number, this percentage denotes a high intensity of degradation. This degradation of the environment provokes large modifications of the system, having a strong disturbing effect on the landscape, for it requires the removal of the vegetation, the soil and the rocks that are above the mineral deposits.

According to the environmental legislation enforced in Brazil and the process of marketing globalization, the commitment of the nations to the preservation of the environment is intensified. By reason of nature's negative responses to its intensive use, an awareness then appears from enterprises and agencies about how the anthropic action over the environment needs to be minimized, becoming a challenge: development and sustainability. In this context, the present work made use of the Mechanical tillage of the soil, as a technique to apply, in a large scale, the strategies and methods to recover mined areas that were researched and developed experimentally by researchers on a theme project about the recovering of degraded areas. This

work was conducted in the Amazon ecosystem, inside the Jamari National Forest - Rondônia (FLONA do Jamari), in deactivated cassiterite mines. The objectives of this work were to:

1. Develop a computational program capable of managing a database and assist in the selection of machines and preparation methods to execute the operations of topographical recomposition and tillage of surfaces in areas degraded by the mineral exploitation of cassiterite.
2. Use the program that was developed in the planning of costs and operational development, for the operations required in the strategies for recovering the areas.
3. Analyze the vegetable productivity in the mobilized areas and the quality of the superficial mobilization, making use of indicators and tillage methods.
4. Evaluate, through biological indicators, the efficiency of the recovery strategies and techniques that were mechanized and applied on the location.

The results showed that: the developed computational program (SGMAD) served the methodological purposes (the analysis of costs and operational capacity) established for the planning and the selection of the tillage machines and methods in the areas of mineral exploitation of cassiterite. The applied methods and quality of the superficial mobilization were significant to the development of leguminous plants in the areas. The use of biological indicators (microbial biomass and enzymatic activity) in the evaluation of the adopted techniques and strategies revealed that the planting of leguminous plants and their posterior incorporation have been promoting gradually positive alterations in some of the analyzed soil/substract parameters.

---

**Keywords:** degraded area, recovery, mining, mechanization, machines, costs, soils.

## **1. INTRODUÇÃO**

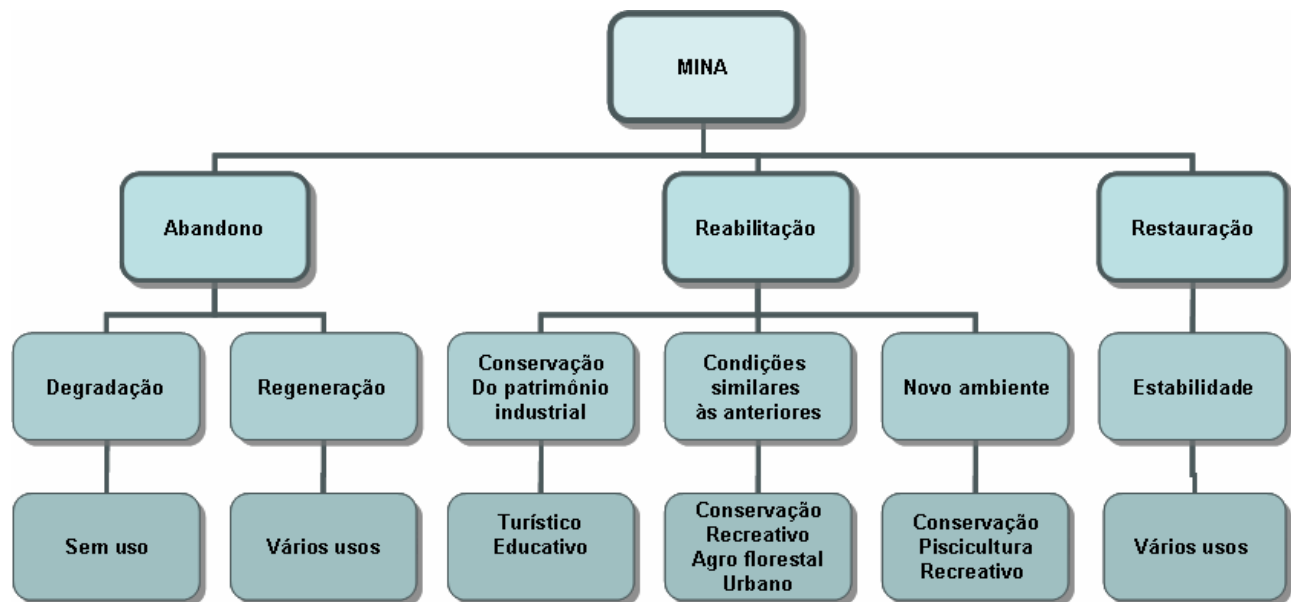
A mineração ou exploração mineral caracteriza-se em uma atividade indispensável para a sociedade moderna, dada à importância que os bens minerais e derivados assumiram na economia mundial. Esta importância de uma forma geral pode ser observada desde as necessidades básicas como habitação, agricultura, transporte e saneamento, às mais sofisticadas como tecnologia de ponta nas áreas de comunicação e informática (BANCO DO NORDESTE, 1999).

No entanto, a utilização dos recursos naturais de uma nação implica diretamente na manipulação de ambientes naturais da superfície terrestre. Nesse cenário, estimativas indicam que a mineração contribui em um por cento (1%) na degradação dos solos do planeta, mesmo parecendo um valor pequeno esse percentual denota uma alta intensidade de degradação. Esta degradação ao meio provoca grandes modificações ao sistema, tendo um forte efeito perturbador na paisagem, porque requer a remoção da vegetação, do solo e das rochas que estejam acima dos depósitos minerais.

Neste contexto, dada a legislação ambiental vigente e o processo de globalização mercadológico, intensifica-se o compromisso das nações em relação à preservação do meio ambiente. Surge, então, em função das respostas negativas da natureza ao seu intensivo uso, uma conscientização, por parte de empresas e órgãos, de que a ação antrópica sobre o meio tem que ser minimizada, tornando-se um desafio: desenvolvimento e sustentabilidade. Dentro deste universo, salienta-se que o Brasil é um dos países que mais explora seus recursos minerais no mundo ocidental.



Desta forma, um componente importante na exploração de recursos minerais é a reabilitação e/ou recuperação das áreas degradadas geradas no processo de mineração, principalmente na mineração de superfície, que apresenta grandes impactos sobre o solo e a paisagem. Esta recuperação constitui uma tarefa complexa, pois envolve diferentes técnicas e estratégias. Estas técnicas e estratégias dependem do uso futuro da área. Uma elucidação simplificada das diferentes ações em uma área minerada pode ser observada por meio da FIGURA 1 adaptada de (SÁNCHEZ, 2001).



**FIGURA 1 – Recuperação de áreas degradadas na mineração**

No que concerne ao processo de exploração mineral, principalmente em áreas de preservação, a técnica mais utilizada é a revegetação local. Esta revegetação orienta-se em uma sistemática técnico-administrativa multidisciplinar, passando pelo planejamento, recomposição topográfica, manejo do substrato, estruturas conservacionistas do terreno, técnicas de plantio e manutenção com constante acompanhamento (BRASIL, 1990).

Nesta inserção, nota-se que em cada fase, de acordo com a área e o nível de degradação, a utilização de técnicas de mecanização torna-se praticamente imprescindível.

Mesmo sendo um fator preponderantemente importante na recuperação de áreas degradadas, poucas publicações no País relatam à aplicação e a viabilidade da mecanização no

processo de revegetação de áreas mineradas. Nesse sentido, dada a grande variabilidade de máquinas e equipamentos existentes no mercado, tornam-se necessários estudos para uma melhor adequação e otimização dos sistemas mecanizados na recuperação de áreas degradadas.

Este presente trabalho contempla parte de um projeto temático, com a finalidade de desenvolver uma metodologia de recuperação de áreas degradadas por exploração de cassiterita dentro do ecossistema amazônico na Floresta Nacional do Jamari/RO (FLONA). As Florestas Nacionais segundo a lei que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação é uma área com cobertura florestal de espécies preponderantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável. Sendo assim, o projeto temático multidisciplinar contou com a participação de inúmeros pesquisadores de diferentes áreas, resultando em teses, trabalhos científicos e trabalhos de divulgação técnica.

No desenvolvimento do projeto temático realizaram-se inicialmente estudos em casa de vegetação e trabalhos em campo, obtendo-se resultados importantes em pequena escala experimental. Desta maneira, utilizou-se da mecanização no preparo do solo e outras operações, partindo da premissa de que é possível aplicar em larga escala, as estratégias e técnicas de recuperação desenvolvidas em escala experimental,

De uma forma abrangente, as técnicas de mecanização, se apresentam como uma ferramenta de auxílio na execução das estratégias de recuperação, principalmente em grandes áreas mineradas. O caráter multidisciplinar do tema “mecanização e revegetação” envolve diferentes ciências e conhecimentos, sendo que, normalmente a revegetação de uma área, possui como finalidade, um rápido estabelecimento da vegetação local nativa, com menor uso possível de insumos e mobilização de superfície, de modo a catalisar o processo de sucessão vegetal natural, promovendo a reintegração das áreas e minimizando o impacto das atividades de mineração ao meio.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho teve por objetivos:

Desenvolver um programa computacional capaz de gerenciar um banco de dados e auxiliar na seleção de máquinas e métodos de preparo para executar as operações de recomposição topográfica e preparo de superfícies em áreas degradadas por exploração mineral de cassiterita.

Utilizar o programa desenvolvido no planejamento de custos e desempenho operacional, para as operações requeridas nas estratégias de recuperação das áreas.

Analisar a produtividade vegetal nas áreas mobilizadas e qualidade da mobilização superficial, utilizando-se de indicadores e métodos de preparo do solo.

Avaliar por meio de indicadores biológicos a eficiência das estratégias e técnicas de recuperação que foram mecanizadas e aplicadas no local.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Áreas degradadas: conceitos e extensão**

O ecossistema que sofreu alterações, proporcionando a perda da cobertura vegetal e os meios de regeneração bióticos (banco de sementes e de plântulas e rebrota) é segundo CARPANEZZI et al. (1990), um ecossistema degradado. Para LAL & STEWART, (1992), a degradação do solo implica na redução da sua capacidade produtiva, resultante do uso intensivo, causando mudanças e promovendo alterações negativas nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, estando as principais causas da degradação relacionadas a desmatamentos, métodos de cultivo, sistemas agrícolas e uso de agrotóxico.

Segundo o MINTER (1990), uma área se encontra degradada quando a mesma sofre alterações, de forma que a flora nativa e a fauna sejam destruídas ou excluídas, a camada fértil do solo for retirada ou perdida e a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico forem prejudicados. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – (PNUMA), adotou um conceito com sentido bastante amplo sobre “degradação da Terra”, que envolve a degradação dos solos, recursos hídricos, vegetação e biodiversidade, assim como a redução da qualidade de vida da população afetada.

Áreas degradadas podem ser constituídas por solos degradados (manejo inadequado, desmatamento, áreas irrigadas salinizadas, pastagens degradadas, erosão, áreas de empréstimo, etc.), depósito de resíduos industriais (refino de bauxita, fabricação de ferro gusa, fabricação de aço,

fertilizantes, etc.), jazidas de mineração (areia, bauxita, cassiterita, caulim, granito, hematita, mármore, ouro, pedreiras, etc.). Em cada situação, os prejuízos para o ecossistema podem ser diferentes, como: perda de solo, baixa produtividade, contaminação de mananciais, desmoronamento de encostas em estradas e cidades, poluição do solo, geração de poeira e conseqüente poluição do ar, assoreamento de rios e cursos d'água, etc.

Estudos têm demonstrado que 5 a 7 milhões de hectares de terras agricultáveis, que representam 0,3 a 0,5%, são perdidas anualmente pela degradação do solo. A perda projetada para o ano 2000 é de 10 milhões de hectares/ano (0,7% da área cultivada atualmente). Somando-se a isso, existem um total de 3.770 milhões de hectares propícios à desertificação e aproximadamente 323 milhões de hectares de terras com problemas de salinização (LAL & STEWART, 1992). As regiões tropicais do planeta têm grande participação nesta situação, onde grandes extensões de terras estão sujeitas a acelerado processo de erosão. Nessas regiões há aproximadamente 650 milhões de hectares cultivados e cerca de 2 bilhões de hectares em avançado estágio de degradação (JESUS, 1994). O problema se agrava ainda mais em condições de climas árido e semi-árido com o avanço da desertificação.

SAADI (2000) estima que, em escala mundial, a desertificação gerada como reflexo das áreas degradadas por irrigação, agricultura de sequeiro, pecuária e pastagens atinge um total de aproximadamente 36 milhões de km<sup>2</sup>, com 70% das regiões submetidas a climas secos. A porcentagem das terras cultivadas degradadas é de 14% para a América do Sul, sendo o desmatamento, a principal causa da perda de solo, nessa região (ODUM, 1993). Segundo estudos do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente a América do Sul possui 244 milhões de hectares de solos degradados, sendo o desmatamento responsável por 41%, o superpastejo por 27,9%, as atividades agrícolas por 26,2% e a exploração intensiva da vegetação por 4,9% (DIAS et al. 1998).

Na bacia Amazônica, aproximadamente 39 milhões de hectares ou 8% dos solos são caracterizados como de alta erodibilidade, necessitando de manejo adequado na sua exploração. Nessa região, o modelo de exploração tradicionalmente praticado, pela maioria dos agricultores, envolve a agricultura de derruba e queima num sistema migratório, estando periodicamente explorando novas áreas; isto é responsável pelo desmatamento de 300 mil ha/ ano (YARED, 1990). Estimativas de VEIGA et al. 1990, citado por DIAS & GRIFFITH (1998), indicavam que

aproximadamente 17,5 milhões de hectares de florestas na Amazônia foram transformados em pastagens ou em avançado estado de degradação.

O termo recuperação engloba todas as atividades que permitam o desenvolvimento da vegetação ou qualquer outra utilização racional do local alterado pela mineração. Na maioria das vezes, as atividades de recuperação visam a recolocar uma cobertura vegetal na área explorada e essas atividades incluem operações que vão, desde a estética paisagística, até a revegetação completa da área, procurando manter as espécies típicas da região.

Assumindo uma posição preventiva, algumas companhias de mineração já vinham adotando, voluntariamente, medidas de controle ambiental antes mesmo que as leis atuais entrassem em vigor, em 1988 (BARTH et al. 1988, BARTH, 1989). Algumas dessas mineradoras desenvolveram ambiciosos programas e, com poucas exceções, os resultados positivos foram expressivos. Atualmente, todas as empresas são obrigadas a cumprir as exigências das novas leis, e a maioria está fazendo um esforço razoável para corrigir os problemas (GRIFFITH et al. 1994). Porém, nem um razoável esforço normalmente conduz a bons resultados. Programas emergenciais usando altos investimentos para produzir resultados rápidos tampouco garantem, necessariamente, o sucesso. Entende-se que o sucesso para um programa de recuperação de áreas degradadas depende principalmente do conceito que se tem da recuperação, em si.

### **3.2. Recuperação de áreas degradadas por mineração**

A mineração de superfície é uma atividade que pode provocar uma degradação ambiental bastante intensa, tendo um forte efeito perturbador na paisagem porque requer a remoção da vegetação, do solo e das rochas que estejam acima dos depósitos minerais. Assim, exige-se a preocupação constante de se fazer com que esta exploração esteja sempre associada a um programa de recuperação da área minerada.

Durante a década de 80, aumentaram significativamente as críticas ambientais à mineração no Brasil, especialmente no caso das minas localizadas em regiões biologicamente sensíveis ou adjacentes a áreas urbanas. Nos últimos anos, foram criadas leis específicas que refletem a preocupação da população com o aspecto ambiental da mineração. Desde 1988 existe a exigência legislativa (artigo 225 da Constituição brasileira) de que as áreas degradadas pela mineração no País sejam recuperadas.

O processo de mineração proporciona uma desfiguração do terreno e uma completa alteração da paisagem. Essas alterações da superfície manifestam-se mais obviamente no aspecto estético, pelos elementos visuais das linhas, formas, texturas, escalas, complexidade e cores que compõem a paisagem (SOUZA, 1997). Conseqüentemente, elas causam impactos topográficos, edáficos, vegetativos e hídricos na área de influência direta do empreendimento. A recomposição topográfica das áreas, a drenagem e o plantio de espécies vegetais constituem medidas que procuram minimizar estes impactos.

As estratégias de recuperação de áreas degradadas executadas pelas empresas de mineração, de maneira geral, são baseadas no plantio de espécies adaptadas a condições adversas e na recuperação do substrato (solo), com o plantio de espécies menos adaptadas a condições adversas.

O processo de recuperação de áreas degradadas ainda é incipiente, tendo-se, até o momento, pouco conhecimento das exigências nutricionais das espécies nativas. Este fato dificulta muito o plantio de espécies adaptadas nativas, sendo que, o plantio homogêneo de espécies exóticas somente é recomendado para exploração comercial. Mesmo assim, muitas empresas optam pelo plantio de espécies exóticas. Além disso, pouco se conhece da interação dos fatores químicos, físicos e biológicos do sistema.

Quando se fala em recuperar solos degradados, consideram-se, áreas em que o mau uso e/ou o uso destas como áreas de empréstimo as colocou em um estado de degradação tal que, a fixação da vegetação é muito lenta ou muitas vezes impedida. Dentre os vários tipos de áreas degradadas maior atenção deve ser dada àquelas originadas pela retirada da cobertura florestal (ALVARENGA & SOUZA, 1995). A reabilitação de terras degradadas é uma forma especial de sucessão caracterizada pela intervenção humana e com gastos de energia. A reabilitação de ecossistemas degradados envolve, muitas vezes, ações dispendiosas (BROW & LUGO, 1994).

A maioria das tentativas brasileiras de recuperação de áreas mineradas tem sido caracterizada até o momento, por um clima de imediatismo; BARTH (1988) comenta que os objetivos em curto prazo, em algumas minas brasileiras, estiveram associados à necessidade de uma resposta visual imediata que refletisse um efeito paisagístico agradável no menor espaço de tempo possível. O uso de um tapete verde (vegetação uniforme com rápido crescimento) que cobre rapidamente toda a área degradada tem sido utilizado em algumas situações.

O ecossistema amazônico vem sofrendo um acelerado processo de degradação ambiental seja pelo desmatamento, para a implantação de projetos agropecuários ou pela exploração mineral e madeireira de modo desordenado. Esse processo, iniciado na década de 60, tem sido mais ativo nos anos recentes, com a eliminação de grandes parcelas da floresta primária, por vezes pouco conhecida do ponto de vista botânico. Neste sentido, vários trabalhos vêm sendo publicados alertando para os riscos ambientais que poderão surgir com a destruição destas formações (LISBOA, 1989; FEARNIDE, 1984, 1990, 1991). Os esforços para explorar economicamente as reservas minerais da crosta terrestre vão conflitar cada vez mais com a tentativa de proteção da qualidade do meio ambiente. Então técnicas cada vez mais avançadas de recuperação e reabilitação das áreas minerais, que busquem a diminuição da degradação ambiental, têm que ser utilizadas, principalmente, em regiões que apresentem vocação mineral, como é o caso da região Amazônica.

As florestas tropicais constituem um dos ecossistemas mais importantes do nosso planeta e, por esta razão, merecem uma atenção especial. Uma ocupação em larga escala, de maneira descontrolada e indiscriminada em áreas de floresta como a Amazônica, pode causar conseqüências ecológicas definitivas, como a destruição de bancos genéticos, a degradação de propriedades dos solos, alterações climáticas e dos ciclos hidrológicos, dentre outras.

Em contraposição, essas áreas são extremamente ricas em recursos biológicos e minerais e, por essa razão, despertam os interesses econômicos, não só do País como de toda a comunidade mundial. Sendo o Brasil um país em desenvolvimento, é compreensível que a exploração racional de suas jazidas minerais torna-se necessária para a busca de incrementos a sua economia. Assim, uma exploração controlada e racional dos minérios da região Amazônica torna-se aceitável desde que as áreas degradadas por estas atividades passem a ser adequadamente recuperadas.

### **3.3. Antecedentes experimentais nas áreas degradadas da FLONA do Jamari**

Com a finalidade de estabelecer uma metodologia adequada para a recuperação das áreas degradadas na FLONA do Jamari, pesquisadores desenvolveram trabalhos com objetivo de conhecer as características químicas, físicas e biológicas dos substratos gerados no processo de exploração mineral. Estes estudos foram realizados em casas de vegetação e também dentro de pequenas parcelas experimentais no campo.



Desta forma, considerando as informações prévias obtidas, os resultados dos trabalhos foram estendidos para uma aplicação em larga escala. FRANÇA (1991) estudou a sucessão secundária em áreas contíguas de mineração na Floresta Nacional do Jamarí-RO, tendo registrado diferenças nas temperaturas do solo, e ar, na umidade relativa e na luminosidade dos ambientes internos e externos das áreas de intervenção humana e florestal.

LONGO et al. (2005) estudaram as diferenças químicas, físicas e biológicas existentes entre as áreas de piso de lavra, rejeito seco, rejeito úmido, capoeira e mata nativa, conseguindo assim, diagnosticar os principais parâmetros de modificações dos solos/substratos e quantificar a intensidade de degradação das áreas geradas pela atividade mineradora local.

SANCHES (2002) estudou o efeito da adubação fosfatada e inoculação de leguminosas com *Bradyrhizobium* na recuperação de solos degradados. NOGUEIRA (2000) estudou a possibilidade de utilização do capim Tanzânia (*Panicum maximum*) na recuperação das áreas, visando uma rápida cobertura vegetal.

RIBEIRO et al. (2004), utilizando-se de técnicas de geoestatística, conseguiram mapear as áreas críticas de resistência a penetração para o crescimento de leguminosas em piso de lavra, permitindo um tratamento posterior localizado. REINER (2000) avaliou o desenvolvimento de Capim Brachiaria (*Brachiaria decumbens*), utilizando-se de substrato de rejeito em casa de vegetação.

SILVA (2004) e TEIXEIRA (2004) avaliaram as alterações em atributos químicos e biológicos dos solo/substratos após a aplicação de lodo de esgoto. RIBEIRO et al. (2002) estudaram o tipo de semeadura e aplicação de calcário em área de piso de lavra para implantação de leguminosas, sendo que não houve diferença significativa para o tipo de semeadura em linha e a lança, porém constataram diferenças significativas na aplicação de calcário.

### **3.4. Operações de preparo na revegetação de áreas degradadas**

No Brasil, várias pesquisas têm sido desenvolvidas sobre mobilização e preparo do solo agrícola, envolvendo estudos da interação máquina-solo-planta e também projeto e desenvolvimento do maquinário. No entanto, quando se trabalha com superfícies degradadas, nem sempre o termo solo é tão apropriado dado o seu estado de degradação

Observa-se, porém, no que se refere à mobilização de superfícies, que grande parte dos estudos de mobilização de solos agrícolas podem ser aplicados na recuperação de áreas degradadas, uma vez que, os objetivos do preparo do solo/substrato estão associados à revegetação local.

A operação de preparo do solo é realizada tradicionalmente por inúmeras razões, dentro as quais podem ser citadas as seguintes: controlar as plantas invasoras, proporcionar condições satisfatórias para a operação de semeadura e plantio, estabelecer condições favoráveis para germinação, desenvolvimento e crescimento das plantas. Alguns autores relacionam sua importância com a melhoria da aeração e infiltração de água permitindo também controle da erosão. De acordo com GALETI (1983), aração, gradagem e subsolagem/escarificação são as principais operações de preparo solo.

Desta forma, PELIZZI (1987) define a mobilização do solo, neste caso, superfície ou substrato, como o processo que transforma uma condição inicial da superfície em outra condição final desejável, de acordo com o que se pretende cultivar. GAMERO & LANÇAS (1996) diferenciam dois efeitos principais de mobilização periódica do solo/substrato:

- Rompimento da massa contínua do solo/substrato em blocos/agregados (torrões) de diferentes tamanho;
- Quebra dos blocos/agregados de grandes tamanhos.

Os mesmos autores relatam que se podem distinguir quatro maneiras de provocar o rompimento da massa contínua do solo de acordo como o objetivo final da mobilização da área:

- Inversão de camadas da superfície;
- Deslocamento lateral das camadas da superfície;
- Desagregação subsuperficial;
- Revolvimento rotativo da superfície.

A inversão de camadas da superfície é típica dos arados de discos e aivecas na operação de aração. As ferramentas de contato com o solo cortam uma fatia, denominada leiva, que é elevada sofrendo inversão da parte cisalhada e permanecendo exposta na superfície.

O deslocamento lateral das camadas da superfície é um tipo de mobilização característico das grades na operação de gradagem. As ferramentas de contato após penetração e deslocamento na superfície provocam a condução lateral-horizontal da porção diretamente em contato com a superfície em movimento.

A desagregação sub-superficial é típica de operações executadas por subsoladores e escarificadores. A ferramenta em contato com a superfície penetra em baixa profundidade (30 –50 cm) e promove a desagregação sub-superficial da massa contínua do substrato.

A mobilização por revolvimento rotativo, também conhecido como rotovação, é típica das máquinas que possuem um rotor com facas ou pás conhecidas como enxadas rotativas. Esta operação ocorre quando o solo é cortado em pequenas porções de agregados de tamanho variados (torrões).

O segundo efeito da mobilização é caracterizado pela quebra dos agregados graúdos (torrões) da superfície que pode ser obtido de duas formas:

- Corte e/ ou impacto
- Esmagamento

A mobilização por corte e/ ou impacto (destorroamento) é obtida pelas grades de dentes e discos após ter sido mobilizado a massa contínua da superfície. Já o esmagamento ocorre quando equipamentos destorroadores esmagam os agregados graúdos da massa contínua da superfície em pedaços menores. Neste momento do preparo, a sulcagem (abertura de sulcos), também pode ser utilizada como técnica de mobilização. A abertura de covas para o plantio de árvores, também envolve a mobilização das superfícies com o auxílio de brocas.

### **3.5. Operações de recomposição topográfica nas áreas degradadas**

A recomposição topográfica de superfícies degradadas compreende a etapa inicial de suporte, para implementação das técnicas de recuperação relativas com revegetação ou outro uso. Neste campo, os estudos ainda são incipientes, pois formas geológicas associadas à paisagem não são possíveis de serem refeitas com ações humanas.

TOY (1997) descreve alguns fundamentos da etapa de recomposição topográfica para os Estados Unidos da América, definindo a importância da reconstrução das formas de comprimentos de rampa (declividade), canais escoadouros e da drenagem básica da nova superfície local. O autor descreve que, quando estes princípios são aplicados em condições ambientais diferentes, técnicas específicas locais deverão ser desenvolvidas, pois cada país possui condições geológicas e ambientais diferentes. O mesmo autor expõe que a reconstrução topográfica é uma parte crítica do

processo de recuperação de áreas degradadas porque a nova paisagem é fundamental nas práticas do novo uso do local.

No estudo e execução de recuperação de áreas de empréstimo devido à construção de barragens de hidroelétricas, TOLEDO et al (1992) consideraram as seguintes fases da recomposição topográfica:

Planejamento e construção das vias de acesso;

Retaludamento – abaulamento ou suavização dos cortes abruptos;

Terraceamento - construção de terraços no relevo já com taludes;

Subsolagem/escarificação – quebra das camadas compactadas.

A recomposição topográfica no Brasil, de acordo com BITAR (1997), pode ser entendida basicamente, como a realização de terraplenagem simples, redesenhando superfícies topográficas irregulares existentes em áreas recém mineradas. O autor relata que, a recomposição topográfica pode ser executada com auxílio de máquinas e equipamentos no âmbito da mina e ainda que quase sempre a confecção das novas superfícies torna-se muito diferente daquelas existentes antes da exploração.

### **3.6. Máquinas e equipamentos para o preparo de áreas degradadas**

A revegetação de áreas degradadas normalmente necessita de um preparo adequado da superfície para o desenvolvimento das espécies a serem plantadas. Nesse sentido, as máquinas assumem um dos papéis mais importantes, já que são elas que permitem a execução dos trabalhos de forma rápida e eficiente. As máquinas mais utilizadas no preparo de superfícies degradadas são os arados, as grades, os escarificadores e as enxadas rotativas. Nota-se também que, o perfurador de covas e os sulcadores possuem também larga aplicação dentro do processo.

#### **3.6.1. Arados**

Os arados são implementos capazes de provocar o rompimento da massa contínua do solo/substrato mediante a inversão das camadas superfície. Os tipos mais comuns de arados são: arados de aivecas e arados de discos, que se diferenciam na concepção e morfologia.

Segundo MACHADO et al. (1996), arado de disco, como o próprio nome diz, consiste em uma estrutura com discos fixados a uma coluna capazes de cortar elevar e inverter a leiva; já os

arados de aiveca utilizam-se de sua forma estrutural cortante helicoidal, sendo basicamente constituído por relha, aiveca e costaneira.

### **3.6.2. Escarificadores**

A função básica deste implemento é promover a desagregação sub-superficial do substrato atingindo profundidades maiores que os arados. Conforme COELHO et al. (1993) o escarificador pode operar em uma faixa de profundidade restrita aos primeiros 25 a 30 cm da camada arável, mobilizando menos solo do que o preparo convencional com arado e promovendo o enterrio parcial dos restos de culturas. Implementos com hastes são menos agressivos à estrutura do solo em relação aos que usam discos, uma vez que os primeiros provocam a ruptura nos pontos de menor resistência dos agregados, não pulverizando excessivamente os mesmos.

Para obter um grau de fragmentação do solo que dispense o uso de gradagens e reduza o tráfego de máquinas sobre o terreno antes da sementeira, DALLMEYER (1987) recomenda que estes implementos sejam operados em solos com teores de água próximo aos pontos de friabilidade. Outra alternativa apresentada pelo autor, é a adaptação de um complemento nivelador/destorroador ao escarificador. Este dispositivo pode ser um cilindro dentado ou uma secção de grade de discos e deve tornar possível a sementeira após uma única operação de preparo do solo.

DALLMEYER (1994) constatou que os sistemas de preparo em que foram utilizados implementos conjugados (hastes associadas com destorroadores acionados ou de giro livre) apresentaram menores valores de consumo específico operacional de combustível, de coeficiente energético e potência operacional, em relação aos tratamentos nos quais as mesmas operações foram realizadas individualmente. O autor conclui que os equipamentos conjugados foram mais eficientes que os demais, atestando a sua viabilidade operacional e contribuindo para a redução do consumo de energia no preparo do solo.

### **3.6.3. Grades**

De acordo com GADANHA JÚNIOR et al. (1991), a grade de discos é uma máquina de duas ou mais seções, que movimenta o solo uma ou duas vezes em sentidos opostos em uma única passada. A grade de dentes consiste em um tipo de grade com pouca utilização no País

A utilização da grade de disco visa desprender e revolver o solo superficialmente, sendo um dos implementos mais usados no preparo do solo. O seu uso inadequado pode agravar o adensamento do solo e causar o espelhamento no fundo do sulco selando poros e reduzindo a

infiltração de água, podendo também pulverizar em excesso o solo (MAZUCHOWSKI & DERPSCH, 1984).

A grade aradora prepara o solo realizando em uma só operação a aração e a gradagem. Possui estrutura pesada e trabalha o solo a pouca profundidade. A profundidade de trabalho será uma função do seu peso, do diâmetro dos discos e do ângulo destes com a linha de tração. É um implemento de grande capacidade operacional e com uso na incorporação de resíduos orgânicos após a colheita, trituração e incorporação de invasoras antes da aração e preparo dos solos recém desmatados.

A função tradicional das grades é completar o serviço executado pelos arados, embora elas possam ser utilizadas antes, ou até mesmo em substituição aos arados, em algumas situações. Os tipos de grades mais comuns no País são as de discos, de dente e de mola (BALASTREIRE, 1987).

McCREERY & NICHOLS (1956) relatam que os discos estão entre as principais ferramentas utilizadas em equipamentos para preparo do solo, e que esses penetram rompendo-o por meio do corte e, principalmente pela pressão, pulverizando-o, invertendo-o e promovendo seu deslocamento lateral. Os autores mencionam que, dentre os fatores que governam a penetração dos discos o peso é o mais importante, porém seu efeito depende das regulagens, do formato dos discos e das características físicas do solo.

SILVEIRA (1989) comenta que, apesar da grande utilidade da grade de discos, esta apresenta algumas desvantagens em relação aos demais tipos de implementos como, por exemplo, custos mais elevados, maior depreciação, algumas dificuldades no transporte e maior exigência de manutenção (lubrificação diária e afiamento dos discos).

SOUZA et al. (1992), verificando o uso de grade pesada em Latossolo Vermelho Amarelo, concluíram que o seu uso contínuo provocou degradação nas características físicas do solo. A densidade e a microporosidade aumentaram com o tempo de uso, enquanto a porosidade total e a macroporosidade diminuíram. Ocorreu formação de camadas compactadas na profundidade entre 10 a 20 cm e a granulometria do solo chegou a ser alterada pela movimentação vertical da argila e do silte. As classes de agregados de menor diâmetro aumentaram, enquanto as classes de maior diâmetro diminuíram na camada do solo preparada mostrando os efeitos da grade pesada na desagregação do solo.

#### **3.6.4. Perfurador e sulcador**

O perfurador de covas e o sulcador são implementos que podem ser utilizados no preparo de superfícies para revegetação. O sulcador pode ser definido como um implemento capaz de promover abertura de sulcos para semeadura, plantio e transplante de diversas culturas. O perfurador de covas consiste em uma broca acionada pela tomada de potência do trator (TDP) conectada por um redutor (GADANHA JÚNIOR et al. 1991).

### **3.6.5. Enxadas rotativas**

As enxadas rotativas são máquinas que substituem o arado e a grade, executando a operação de preparo do solo em uma única operação (SEGUY et al. 1984). No Brasil, as primeiras enxadas rotativas surgiram no final da década de 60, apresentando inúmeros problemas tanto de projeto quanto na sua utilização correta, dificultando o aceite deste produto tecnológico (SILVEIRA, 1989).

CASTELLI (1978) afirma que ferramentas rotativas podem estar fixadas tanto em eixos paralelos ao solo e perpendiculares à direção do movimento (rotor horizontal) como também em eixos perpendiculares ao solo (rotor vertical), sendo as de eixo vertical mais utilizadas em equipamentos conjugados.

## **3.7. Máquinas para recomposição topográfica de áreas degradadas**

O trabalho de recomposição topográfica de áreas degradadas, segundo BITAR (1997), pode ser executado com auxílio de máquinas e equipamentos de terraplenagem do âmbito da mina. SENSO (1975) descreve as operações de terraplanagem como sendo: escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento (nivelamento raspagem). GUIMARÃES (2001) denomina as unidades de máquinas e equipamentos utilizados na escavação da seguinte forma:

- Unidades de tração – tratores e correlatos;
- Unidades escavoempuradoras – lâminas e correlatos;
- Unidades escavotransportadora - screipers e moto-screipers;
- Unidades de desagregação – escarificadore/subsoladores;
- Unidades valetadeiras - valetadoras e correlatos;
- Unidades niveladoras – motoniveladoras e correlatos;

Unidades de transportes – veículos transportadores e correlatos.

### **3.7.1. Unidades de tração**

Os tratores são máquinas autopropelidas com função básica de portar, tracionar e acionar máquinas e implementos. Normalmente, existem várias classificações baseadas no tipo e o uso dessas máquinas, podendo ser agrícola, florestal, terraplenagem e outros fins (BARGER et al. 1972).

Os tratores utilizados na recomposição topográfica e na mobilização do substrato degradado são basicamente os mesmos utilizados no meio agrícola e na terraplenagem. Os tratores agrícolas são máquinas mais leves e muito versáteis, normalmente dotado de rodados pneumáticos, sendo de grande relevância no processo de produção agropecuário.

Uma classificação simples dos tratores agrícolas está em sua forma de tração, podendo ser de tração simples 4x2 ou com tração dianteira auxiliar 4x2 TDA, havendo também a necessidade de operações com alto desempenho operacional, pode-se utilizar também o trator agrícola 4x4.

Os tratores de esteiras são máquinas de alto desempenho operacional e podem ser utilizados em vários tipos de operações, inclusive agrícolas. Dada a robustez e as características morfométricas das esteiras, estas máquinas proporcionam uma maior força de tração sobre qualquer superfície trabalhada. Uma outra propriedade de grande importância em suas operações, está no fato de distribuir melhor a carga sobre o solo dada a maior área de contato das esteiras. Os tratores com rodados pneumáticos 4x4 são também amplamente utilizados em terraplenagem.

### **3.7.2. Unidades escavoempuradoras;**

Os equipamentos mecânicos utilizados em terraplenagem no quais os tratores portam, tracionam e acionam são chamados máquinas operatrizes e o conjunto é usualmente denominado trator com lâminas. Estes tipos de máquinas são responsáveis em promover a movimentação do material trabalhado e seu transporte. Segundo GUIMARÃES (2001) as lâminas podem ser classificadas em:

‘Buldozer’ - lâmina sem giro;

‘Angledozer’ – lâmina com giro em torno de um eixo vertical;

‘Tiltadozer’ – lâmina com giro em torno de um eixo longitudinal.



### **3.7.3. Unidades escavotransportadoras**

Scrapers e moto-scrapers são máquinas de grande rendimento operacional com a finalidade de aprofundar os cortes iniciados pelos dozer mediante execução das operações de escavação, carga, transporte e descarga. Quando se trabalha com terraplenagem seu peso auxilia na compactação de áreas aterradas, porém quando se pretende revegetar a área, esta compactação pode ser prejudicial (BELL, 1998).

Nos locais onde o material trabalhado possui características duro e argilosa, pode-se utilizar o pusher (trator de esteira com lâmina auxiliando a unidade escavotransportadora na tração).

### **3.7.4. Unidades escavo-carregadoras**

Estas máquinas são empregadas em escavações e transporte de material a pequenas distâncias, como: depósitos, bota-foras, abertura e alargamento de cortes e canais. Quando o trajeto de transporte é longo, deve-se trabalhar em conjunto com unidades de transporte.

As escavadoras são máquinas que escavam o terreno e permanecem quase que estacionárias no local, carregando as unidades de transporte. As pás carregadoras são máquinas que executam pequenos cortes, transportam materiais a pequenas distâncias e carregam unidades de transportes (MANUAL CASE, 1980). Estas máquinas podem possuir rodados de esteiras ou pneumático, e são bastante utilizadas em diversos tipos de serviços.

### **3.7.5. Unidades niveladoras**

Motoniveladoras são máquinas de grande versatilidade utilizadas para a conformação da superfície do solo, mediante operações de corte, aterro e movimentação (GADANHA JÚNIOR et al. 1991). Este tipo de máquina não é utilizado em escavação pesada e é também aplicada no acabamento e reparos de superfícies.

### **3.7.6. Unidades de desagregação**

Escarificadores/subsoladores, também conhecidos como ríperes (MANUAL CATERPILLAR, 1980), são máquinas utilizadas em terraplenagem com a finalidade de auxiliar no desmatamento, arrancamento de raízes, bem como para desagregar ou descompactar superfícies com alta dureza.

A utilização deste equipamento na revegetação de áreas degradadas está associado a descompactação do solo/substrato permitindo o preparo posterior das áreas e o desenvolvimento das raízes das espécies a serem plantadas.

### **3.7.7. Unidades de transporte**

Unidades de transporte são as máquinas encarregadas do transporte dos materiais escavados pelas unidades escavo-carregadoras. Os caminhões normalmente são as máquinas mais utilizadas, pois estas máquinas proporcionam um alto grau de flexibilidade, em relação ao número de unidades em operação em um serviço.

O transporte por caminhões tem sido cada vez mais aceito em terraplenagem e utilizado quando as distâncias de transporte forem grandes, tornando o trabalho de outros equipamentos antieconômico. Segundo SENSO (1975), as unidades mais utilizadas são a do tipo basculantes.

### **3.8. Seleção de máquinas na recuperação de áreas degradadas**

A seleção de máquinas e implementos a serem utilizados em sistemas agrícolas é um problema bastante complexo, que depende de muitos fatores, tais como o clima, o tipo e as condições do solo a ser trabalhado, as características das máquinas e dos implementos, as práticas culturais a serem adotadas e a própria gestão e administração do empreendedor. Em se tratando de áreas degradadas, este se torna um trabalho ainda mais complexo, devido à praticamente ausência de informações prévias sobre o assunto e a variabilidade das operações a serem realizadas. Os critérios básicos para análise e seleção de máquinas são de natureza tecnológica, financeira e econômica.

Segundo GUIMARÃES (2001) a disponibilidade de um grande número de equipamentos para terraplenagem continua ascendente em decorrência do crescimento da indústria, tendo grande variedade de modelos e larga versatilidade de aplicação dos mesmos. As condições técnicas a serem analisadas podem ser determinadas a partir de dois aspectos: as características de fabricação dos equipamentos e a natureza dos serviços. Quanto às características de fabricação dos equipamentos deve-se observar: os dados de desempenho, a procedência e a comparação com outros equipamentos no mercado. Em relação à natureza do serviço a executar, é necessário o

conhecimento das etapas a serem realizadas como: as características topográficas e edafoclimáticas do local, juntamente com o pessoal envolvido nas operações.

CAÑAVATE & HERNANZ (1989), descrevem que a seleção de máquinas envolve problemas de otimização, em que vários modelos podem ser utilizados:

- Modelos comparativos de custos;
- Modelos de maximização operacional;
- Modelos de minimização de custos;
- Modelos heurísticos para seleção de máquinas de uso múltiplo envolvendo análise de multicritérios.

### **3.9. Indicadores biológicos de recuperação do solo em ambientes degradados**

A fertilidade natural do solo depende significativamente da ciclagem de matéria orgânica que é mediada pela biomassa microbiana do solo. Assim, o declínio na atividade microbiana terá alto impacto na fertilidade natural do solo, com grandes efeitos nos ecossistemas naturais (BROOKES, 1995). Por isto, as características microbiológicas têm relação com a funcionalidade do solo. Para que uma característica microbiológica possa ser utilizada como bioindicadora da condição do solo, esta deve preencher vários critérios, como: 1) permitir medições precisas e independentes do tipo e condição do solo; 2) deve ser avaliada facilmente e economicamente em grande número de amostras; 3) deve ser sensível na indicação das condições ambientais e 4) precisa ter validade científica contemporânea (BROOKES, 1995). Segundo KENNEDY & PAPENDICK (1995), nem todos os indicadores preenchem todos esses critérios e não há um único indicador que seja suficiente para indicar todas as mudanças num sistema. BROOKES (1995) comenta que a utilização de culturas puras de microrganismos isolados do solo como indicador das condições do mesmo deve ser rejeitada pelo fato dos microrganismos serem encontrados em formas atípicas no solo e por sofrerem interferências e alterações quando colocados para crescerem em meios nutricionalmente diferentes do solo e incubados em condições artificiais. O metabolismo microbiano em um meio de cultura, por exemplo, pode ser muito diferente do encontrado no solo, já que foi isolado das inúmeras interações ecológicas naturais. Em vista disso, a extrapolação dos resultados para condições de campo é pouco recomendada. Pode-se, neste caso, utilizar a quantificação da biomassa microbiana do solo.

A biomassa microbiana do solo, além de atuar como agente da transformação bioquímica dos compostos orgânicos, é também um reservatório de N, P e S (SRIVASTAVA & SINGH, 1991; WARDLE, 1992). O significado ecológico de biomassa tem como destaques, além de armazenador de nutrientes, o de servir como indicador rápido de mudanças no solo, quando material orgânico é a ele incorporado, e indicador da sensibilidade da microbiota a interferências no sistema (GRISI, 1995). A medição do C, particularmente, é útil à compreensão sobre a ciclagem da matéria orgânica e um bom indicador da “qualidade do solo”, podendo atuar como fonte e dreno de nutrientes através da mineralização e imobilização. O C da biomassa geralmente compreende de 1 a 4% do C orgânico do solo, revelando haver uma correlação linear entre ambos (JENKINSON & LADD, 1981). Estimar a biomassa com o propósito de investigar a participação da microbiota edáfica na ciclagem de nutrientes significa: a) estimar o potencial microbiano de um solo; b) quantificar substâncias, relacionando-as a quantidades de elementos essenciais à vida microbiana, vegetal e animal de um sistema ecológico; c) relacionar tais quantidades às existentes no solo sob a forma inorgânica e d) desejavelmente, utilizar estes conhecimentos para entender as bases de funcionamento do ecossistema solo-planta, sua produtividade e resiliência. A biomassa microbiana é uma característica muito dinâmica e nunca deve ser analisada isoladamente como uma única maneira de se estimar a situação das populações de microrganismos (GRISI, 1996). Ela deve ser analisada juntamente com a atividade, face à extrema heterogeneidade do ambiente natural da microbiota e da sua biodiversidade, sendo considerada mais sensível às mudanças na qualidade do solo do que características químicas como C e/ou N total orgânico (ANDERSON E DOMSCH, 1989).

Em solos de floresta, em agrossistemas e em áreas reabilitadas, a biomassa microbiana é um indicador rápido do estado e da mudança das propriedades edáficas. Por isso, poderá ser um bom indicador do grau de sucesso da reabilitação do solo. Conhecer a biomassa, portanto, é essencialmente uma maneira de se conhecer o potencial de manutenção das características de um “solo vivo”, ou seja, um eficiente compartimento de reserva de nutrientes que reflete de imediato as interferências que sobre ele atuam (de origem antrópica ou não), como por exemplo, a retirada da camada superficial do solo, que promove alterações físicas, químicas e biológicas do solo (SAWADA, 1996). O uso da reposição da camada superficial de solo, durante a reabilitação em áreas de mineração de bauxita na Austrália, mostra que a biomassa microbiana diminui substancialmente durante os anos iniciais, devido, provavelmente, à diminuição do C oxidável do

solo quando este está estocado e à mistura deste solo fértil com o subsolo (SAWADA, 1996). Áreas de mineração de bauxita no Brasil (Poços de Caldas – MG) mostraram a mesma tendência encontrada na Austrália (CARNEIRO, 2000). As reduções da biomassa microbiana são devidas, principalmente, à falta de uma camada fértil associada com o componente planta, ao nível de nutrientes disponíveis e a uma atividade microbiana ativa e funcional (VISSER, 1985). Resultados recentes nestas áreas indicam que levaria em torno de 33 anos para haver equilíbrio como em áreas adjacentes não alteradas (SCHWENKE et al., 2000; SCHWENKE, MULLIGAM & BELL, 2000). Em áreas de mineração de carvão na Índia, observou-se a mesma tendência, ou seja, um decréscimo na biomassa carbono e nitrogênio mesmo após 20 anos de revegetação (SRIVASTAVA & SINGH, 1991). O desenvolvimento do estado original (em equilíbrio) após uma perturbação raramente acontece em um curto espaço de tempo, podendo levar até 50 anos em solos sob mineração (INSAM & DOMSCH, 1988). Estudos realizados em área de mineração de bauxita em Poços de Caldas (MG) mostraram que em áreas de campo mesmo após 19 anos de reabilitação não houve recuperação do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, apresentando valores relativos menores que áreas adjacentes não mineradas. Fato este que denota o estado de equilíbrio, representado pela referência, raramente acontece em um curto espaço de tempo (CARNEIRO, 2000), com exceção da área reabilitada com bracatinga, que apresentou a mesma quantidade de nitrogênio na biomassa que a referência. Este fato se deve provavelmente pela capacidade desta espécie de planta em formar simbiose mutualista com bactérias fixadoras de nitrogênio e conseqüentemente fixar grandes quantidades de nitrogênio no solo, como discutido no item 4.1. No entanto, este mesmo autor não observou o mesmo comportamento em áreas da serra de Poços de Caldas, sendo que o carbono da biomassa foi superior à da referência em quase todas as áreas estudadas, com exceção da área recém-minerada e reabilitada com braquiaria e feijão guandú há 2 anos.

O uso da reposição da camada superficial de solo, durante a reabilitação em áreas de mineração de bauxita na Austrália, mostra que a biomassa microbiana diminui substancialmente durante os anos iniciais, devido, provavelmente, à diminuição do C oxidável do solo quando este está estocado e à mistura deste solo fértil com o subsolo (SAWADA, 1996). As reduções da biomassa microbiana são devidas, principalmente, à falta de uma camada fértil associada com o componente planta, ao nível de nutrientes disponíveis e a uma atividade microbiana ativa e funcional (VISSER, 1985). Em áreas de mineração de carvão na Índia, observou-se a mesma

tendência, ou seja, um decréscimo na biomassa carbono e nitrogênio mesmo após 20 anos de revegetação (SRIVASTAVA & SINGH, 1991).

A vegetação influencia diferentemente a biomassa microbiana e por isto a eliminação desta ocasiona uma drástica queda da biomassa carbono, como revelam estudos envolvendo desmatamentos (CERRI, VOLKOFF & EDUARDO, 1985; PFENNING, EDUARDO & CERRI, 1992). No Estado de São Paulo, verificou-se uma redução de 44, 61 e 75% e de 64, 93 e 76% no carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respectivamente, em solos sob pastagem, cana de açúcar e eucaliptos, respectivamente, quando comparados com solo sob mata adjacente (CAMPOS, 1998). As reduções da biomassa encontradas nestas áreas estão relacionadas às modificações causadas na estrutura do solo, bem como na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo, que sofre nítida modificação com a substituição da mata nativa por outras culturas. Como a avaliação da biomassa microbiana é relativamente rápida quando comparada à avaliação direta da produtividade vegetal, esta pode ter enorme aplicação na avaliação da reabilitação de áreas degradadas, merecendo estudos específicos com esta finalidade. Mesmo havendo pouca informação sobre a composição ou diversidade da biomassa microbiana, áreas mineradas podem ser recuperadas e avaliadas comparando algumas características como biomassa microbiana e respiração entre áreas mineradas e áreas controles ou referenciais (SAWADA, 1996). No entanto, pouco se conhece sobre os solos minerados no Brasil.

A atividade enzimática pode ser uma ferramenta no monitoramento das alterações que ocorrem no solo devido a fatores antropogênicos como o tipo de manejo do solo e poluição do solo com excesso de fertilizantes, pesticidas, sal e metais pesados, fatores que podem influenciar na produção, atividade, comportamento catalítico e persistência no solo (GIANFREDA & BOLLAG, 1996) e no monitoramento de solos minerados e reabilitados, como discutido mais adiante.

Estudos conduzidos em duas cronosseqüências de reabilitação de áreas de mineração, mostraram que a atividade da fosfatase ácida e da  $\beta$ -glicosidase foram severamente afetadas pela mineração, no entanto, a atividade da  $\beta$ -glicosidase mostrou-se mais sensível, apresentando maior capacidade de discriminação das áreas estudadas do que a fosfatase ácida. Ainda neste estudo, verificou-se estreita correlação significativa entre a atividade da  $\beta$ -glicosidase e o carbono orgânico e o carbono da biomassa microbiana (CARNEIRO, 2000). Sendo o produto da hidrólise da  $\beta$ -glicosidase uma importante fonte de energia para os microrganismos do solo (TABATABAI, 1994)

e para o ciclo do carbono (EIVAZI & TABATABAI, 1988; DICK, BREAKWELL ETURCO, 1996) alterações na atividade desta enzima podem afetar o fornecimento de energia para os microrganismos do solo. Observou-se, ainda, correlação significativa negativa com o  $qCO_2$  o que indica que em ambiente estressantes, a atividade da  $\beta$ -glicosidase é afetada, podendo comprometer a sustentabilidade do sistema solo. Os resultados encontrados por CARNEIRO (2000), mostraram que há uma relação entre a atividade desta enzima e o estágio de reabilitação da área, verificando correlação significativa entre estas características, indicando que quanto maior a idade de reabilitação maior a atividade da  $\beta$ -glicosidase.

Em áreas de mineração de chumbo abandonadas, sem nenhum processo de reabilitação, revegetada naturalmente com *Agrotis tenuis*, *Festuca* sp e *Minuartia* sp, espécies consideradas tolerantes à contaminação deste metal, verificou-se baixa atividade da urease ( $0,58 \mu\text{g N-NH}_4^+$  g solo<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) quando comparadas com área adjacente reabilitada com pastagem ( $39 \mu\text{g N-NH}_4^+$  g solo<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), mostrando que esta enzima é muito afetada pela mineração (WILLIAMS, MCNEILLY & WELLINGTON, 1977). Em solo degradado pela erosão, GARCIA & HERNADES (1997) verificaram que a urease e a  $\alpha$ -glicosidase foram as mais afetadas, sendo que estas enzimas tiveram alta correlação com o carbono orgânico. WICK, KÜHNE & VLEK (1998), também trabalhando com solo degradado e várias estratégias de reabilitação, mostraram que a fosfatase ácida e a  $\beta$ -glicosidase foram os componentes principais no monitoramento destas áreas, sendo que a  $\beta$ -glicosidase foi a que apresentou maior sensibilidade.

## 4. MATERIAL & MÉTODOS

### 4.1. caracterização da área de estudo

#### 4.1.1 Descrição sumaria da área

A Floresta Nacional (FLONA) do Jamari, administrada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Minerais Renováveis – IBAMA, está situada a 90 km da cidade de Porto Velho – RO, pela Br-364, rumo a Cuiabá-MT, sendo uma das mais privilegiadas da região Norte, pela sua posição geográfica e vias de acesso (FIGURA 2).

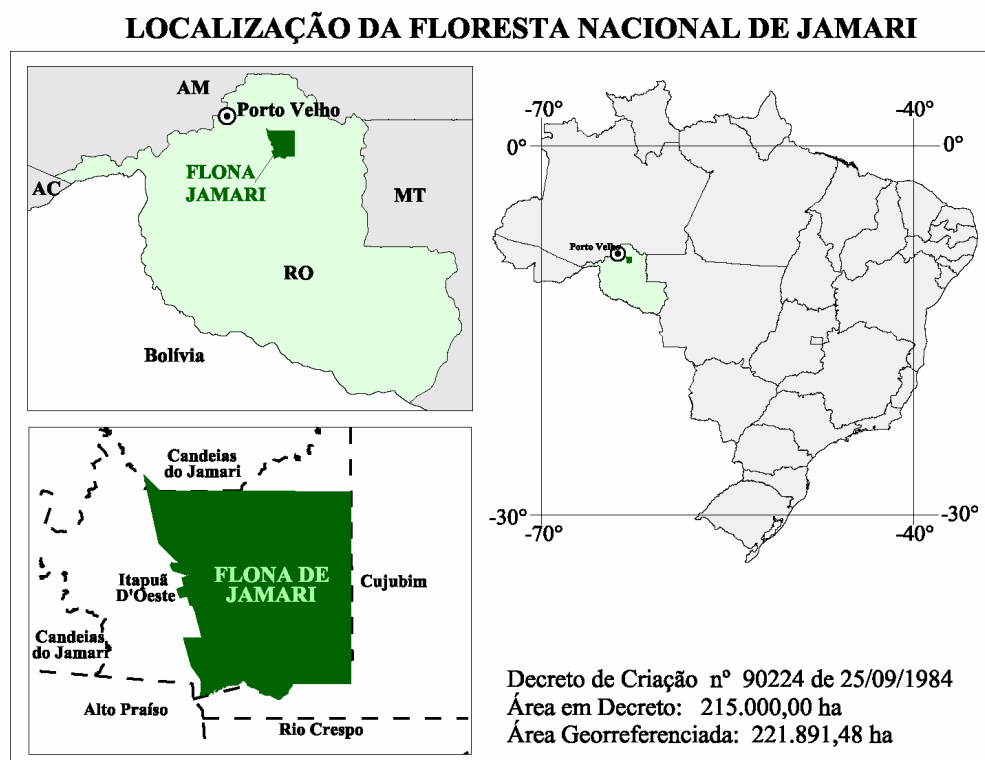


FIGURA 2 – Localização da Floresta do Jamari



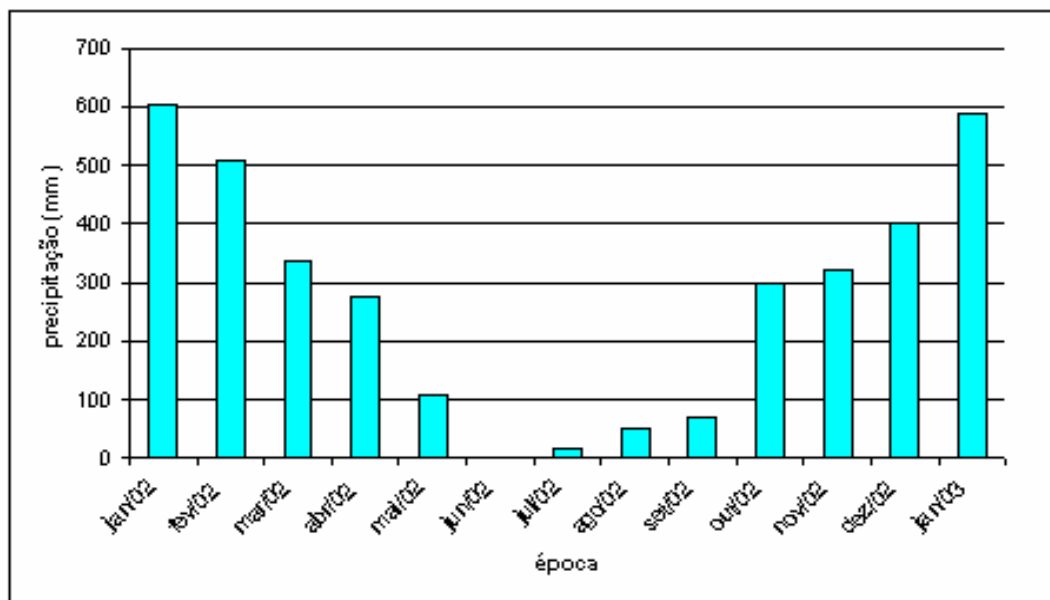
A taxa de desmatamento na região é extremamente alta, principalmente devido aos projetos agropecuários situados na área de influência da rodovia BR-364, às atividades de exploração mineral e ao desenvolvimento dos centros urbanos.

A FLONA do Jamari apresenta uma área de aproximadamente 225.000 ha, das quais 90% estão cobertas por Floresta Tropical Aberta, onde são encontradas espécies de alto valor comercial para exploração de madeira, apresentando-se também rica em minérios (Projeto RADAM BRASIL, 1978).

Os solos são predominantemente da classe Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura argilosa e Latossolo Amarelo álico textura argilosa, ácido com pH variando de 3,4 a 5,0 (França, 1991).

O clima da região é quente e úmido, com temperaturas médias de 24°C, apresentando uma precipitação anual de 2550 mm, tendo seus máximos nos meses de dezembro a março. A umidade relativa fica em torno de 80 a 85%, havendo uma estação seca bem definida, com seu período mais crítico de julho a agosto.

Na FIGURA 3 encontram-se os totais mensais das precipitações ocorridas de janeiro de 2002 a janeiro de 2003. Estes dados foram obtidos diariamente no interior da FLONA.



**FIGURA 3 - Dados de precipitação na FLONA do Jamari/RO**

Desde o início da década de 70, a mineração Jacundá, uma empresa do grupo CESBRA, integrante do grupo BRASCAN (Canadense), vem explorando cassiterita na FLONA do Jamari. Estas atividades têm criado vastas áreas degradadas cuja recuperação vem hoje sendo tentada. As áreas perturbadas possuem superfícies que variam entre 5 e 60 ha e entre cada área de mineração e mata são mantidas faixas, com mais ou menos 70 metros de largura como “segurança” (FRANÇA, 1991).

As principais áreas degradadas pela mineração dentro das FLONA do Jamari recebem as seguintes denominações: 14 de abril, São Sebastião, Potosi, Serra da Cacimba, Poço B, Novo Mundo, Duduca, Serra da Onça, cujas extensões estão representadas na TABELA 1.

**TABELA 1 - Distribuição das áreas degradadas em julho de 1998 (dados fornecidos pela CESBRA S/A)**

<i>LOCAL</i>	<i>TOTAL DE ÁREAS ALTERADAS (ha)</i>	<i>ÁREAS RECUPERADAS (ha)</i>	<i>PORCENTAGEM DO TOTAL (%)</i>
S. CACIMBA	72,2	43,0	59,5
14 DE ABRIL	104,1	34,5	33,1
NOVO MUNDO	77,0	45,0	58,4
POÇO	113,0	4,0	3,5
S. DA ONÇA	191,6	49,0	25,6
POTOSI	238,0	60,0	25,2
S. SEBASTIÃO	105,5	45,0	42,6
FORMIGA	7,0	--	0
DUDUCA	43,0	43,0	100,0
CINZANO	10,0	--	0
CANECO	97,1	--	0
TABOQUINHA	139,2	--	0
<b>TOTAL</b>	<b>1.197,2</b>	<b>323,5</b>	<b>27,0</b>

Fonte: CESBRA S/A

#### **4.1.2. Escolha e descrição das áreas experimentais**

As áreas experimentais foram escolhidas em função das localizações mais próximas a sede do IBAMA e da Mineradora, e também, considerando o estágio de degradação das mesmas. A descrição das áreas experimentais teve como objetivo principal caracterizar as condições pedológicas, químicas e também remanescentes vegetais nos terrenos submetidos aos processos de recuperação para posterior verificação da ocorrência ou não de indícios da formação de horizontes

pedológicos nos substratos com a finalidade de revegetação destas áreas. Foram retiradas amostras em duas áreas (minas desativadas) dentro da FLONA: **Serra da Onça** e **14 de Abril**. Na área da Serra da Onça foram feitas observações sobre o solo original e também o material do rejeito.

A característica do piso de lavra, tanto da área da Serra da Onça quanto a de 14 de Abril, apresentou-se semelhante ao horizonte BW do solo original, por se tratar de sub-solo.

### **Solo original – Serra da Onça e 14 de Abril**

O solo do local pode ser classificado como um LATOSSOLO AMARELO, textura argilosa, onde se observou uma grande quantidade de material orgânico pouco decomposto na superfície.

A descrição morfológica permitiu identificar quatro diferentes horizontes: A, AB, BA e Bw, sendo observada em todos, uma grande quantidade de raízes médias e finas (QUADRO 1).

**QUADRO 1 – Descrição morfológica do perfil da Serra da Onça (Mata)**

<b>Horizonte</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Descrição</b>
A	0-6	Bruno avermelhado (5YR 3/4); argiloso; granular, grande e forte; muito plástico e muito pegajoso; friável; transição suave e clara.
AB	6-20	Vermelho amarelado (5YR 5/6); argiloso; maciço que se rompe em granular grande e forte; muito plástico e muito pegajoso; friável; sinais de acúmulo localizado de argilas e húmus; transição suave e gradual.
BA	20-50	Vermelho amarelado (5YR 5/6); argiloso; maciço que se rompe em granular média a pequena, moderada; muito plástico e muito pegajoso; sinais de acúmulo localizado de argila e húmus; transição suave e gradual.
Bw	50-90(+)	Vermelho amarelado (5YR 5/6); argiloso; maciça que se rompe em granular pequena forte; friável; muito plástico e muito pegajoso.

No material de rejeito, a descrição morfológica permitiu identificar seis diferentes camadas que foram de I a VI, mostrando uma tendência de estratificação no sentido horizontal com camadas totalmente sem estrutura, ausência de material orgânico na superfície, quantidade variável de

cascalho, consistência solta em todas as camadas, granulometria e cores bastante variáveis (QUADRO 2).

**QUADRO 2 – Descrição morfológica no rejeito de Desmonte Hidráulico e Dry Mine-Serra da Onça**

<b>Camada</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Características</b>
I	0-20	Amarelo avermelhado (5YR 6/6); arenoso; raízes muito finas abundantes.
II	20-35 (39)	Vermelho amarelado (5YR 4/6); arenoso; raízes muito finas esparsas.
III	35-54	Amarelo avermelhado (5YR 5/8); arenoso; raízes muito finas esparsas.
IV	54-65	Vermelho amarelado (2,5YR 6/4); arenoso; raízes muito finas esparsas.
V	65-74	Vermelho amarelado (5YR 4/6); arenoso; raízes muito finas esparsas.
VI	74-93(+)	Amarelo avermelhado (5YR 5/8); arenoso; raízes muito finas esparsas.

### **Vegetação - Serra da Onça**

A mina Serra da Onça foi dividida em 4 sub-setores: Serra da Onça A, B, C1 e C2. Sendo os trabalhos de pré-exploração iniciados em outubro/84, com desmatamento no setor Serra da Onça “C1”, na qual a lavra iniciou-se em abril/85, findando em julho/86. Em janeiro/85 houve o início do desmatamento do setor Serra da Onça “B”, o qual entrou em operação de lavra em julho/85, indo até dezembro/87. Em maio/85 desmatou-se o setor “C2”, que entrou em operação em novembro/85, concluindo-se em julho/86, época em que foi desmatado o setor “A” que iniciou a lavra em janeiro/88.

Nesta área foi implantado um projeto piloto de revegetação em uma área de 4 ha no setor “C2” da Serra da Onça.

O projeto de recuperação até 1993 desenvolveu-se em três etapas, designadas A, B e C. A. A primeira etapa (A) foi plantada no ano de 1991, a segunda (B) no ano de 1993 e a terceira (C) no ano de 1994, tendo sido feito um último plantio no ano de 1998.

Até 1999 a CESBRA promoveu o plantio de 49 ha de área lavrada somando-se a área de rejeitos arenosos e uma parcela da área alagada (dados fornecidos pela CESBRA).

A área minerada apresenta-se subdividida da seguinte forma:

- Depósito de rejeito – areia fina + cascalho fino
- Lavra
- Área alagada
- Barragem
- As atividades empregadas no plantio foram:
- Nivelamento do terreno;
- Adubação orgânica na cova;
- Plantio de mudas, além da operação de replantio em áreas onde houve essa necessidade.

Plantaram-se, aproximadamente, 40.000 mudas de 10 espécies diferentes (dados fornecidos pela CESBRA):

- *Leucena leucocephala* (Leucena);
- *Inga* sp (Ingá xixica);
- *Euterpe oleraceae* (Açaí);
- *Bixa arborea* (Urucum),
- *Anacardium occidentale* (Cajueiro),
- *Dizinia excelsa* (Faveira ferro),
- *Peltogyne paniculata* (Roxinho),
- *Hevea brasiliensis* (Seringueira),
- *Parkia multijuzza* (Paricá)
- *Pachira aquatica* (Castanhola)

Das espécies que apresentaram desenvolvimento, e ainda estão no terreno, as da à família Leguminosae – Mimosoide foram as que apresentaram maior número de espécies e, conseqüentemente, maior número de indivíduos: *Inga* sp (Ingá xixica); *Inga edulis* (Ingá de metro); *Pithecolobium* sp (Baginha); *Anacardium occidentale* L (Cajú) e *Sygygium jambolarum* (Jambolão)

A FIGURA 4 mostra a distribuição das principais espécies amostradas na Serra da Onça.

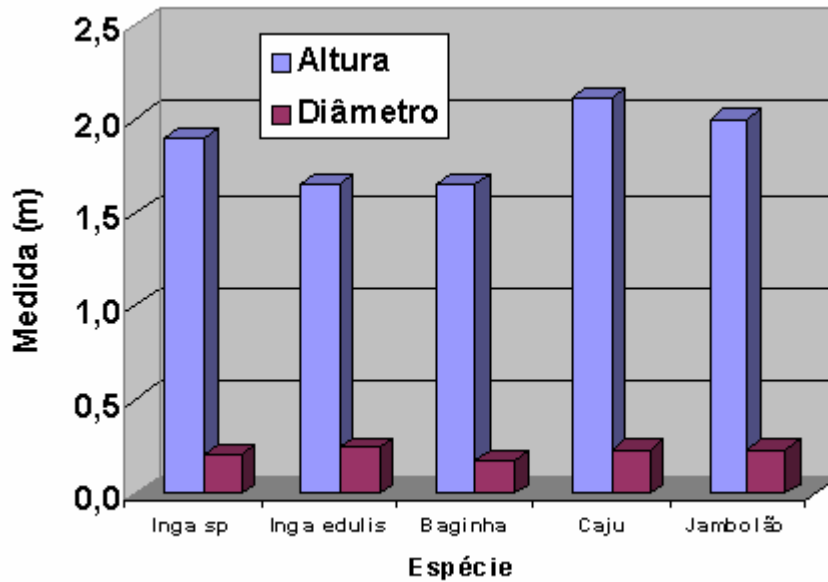


FIGURA 4 - Altura e diâmetro da base das espécies amostradas na Serra da Onça

A área apresentou espécies pouco desenvolvidas e baixa cobertura do solo, com o “capim rabo de burro” aparecendo somente nas covas de plantio, estando o restante do terreno parcialmente descoberto.

A regeneração natural próxima a mata revelou a presença de quatro indivíduos sendo dois destes da espécie *Pithecolobium* sp (Baginha), estando o solo coberto em alguns pontos por “capim rabo de burro” e “cipó de fogo”. No interior da área, foram encontrados quatro indivíduos sendo, três destes, da espécie *Vimia* sp (Lacre), estando à vegetação rasteira praticamente ausente.

### Vegetação - 14 de Abril

A mina 14 de Abril foi subdividida em dois setores (14 de abril WPI e 14 de abril – PM), sendo que o primeiro teve sua área desmatada em janeiro de 1985 e lavra iniciada em julho de 85; no segundo o desmatamento ocorreu em julho/86 e a lavra iniciou-se em janeiro/87.

A área degradada apresenta-se subdividida da seguinte forma:

- Depósito de rejeito – areia fina;
- Depósito de rejeito - cascalho fino;
- Depósito de rejeito - cascalho grosso;

- Lavra;
- Área alagada;
- Barragem;

O início das atividades de plantio foi em 1996, tendo a última parcela sido plantada em 1998, cobrindo no total uma área de 34,5 ha. (dados fornecidos pela CESBRA).

Os procedimentos adotados foram os seguintes:

- Nivelamento do terreno
- Adubação orgânica na cova com terra preta
- Adubação química na cova com NPK 10-10-10
- Plantio de espécies florestais

Para o plantio das espécies florestais utilizou-se o espaçamento de 4 x 4 metros, sendo usadas as seguintes espécies:

- *Leucena leucocephala* (Leucena);
- *Inga* sp (Ingá xixica);
- *Inga edulis* (Ingá de metro);
- *Anadenanthera macrocarpa* (Angico);
- *Syzygium jambolanum* (Jambolão);
- *Vismia* sp (Lacre branco);
- *Mangifera indica* (Mangueira);
- *Jacaranda copaia* (Para-pará);
- *Ochroma pyramidale* (Pau-de-balsa);
- *Parkia multijuga* (Paricá);
- *Schizolobium janeireme* (Bandarra);
- *Tabebuia* sp (Ipê);

A área 14 de Abril recebeu um plantio anterior ao novo programa de recuperação de áreas degradadas, em 1996 e 1997, estando praticamente todas as espécies com altura entre 30 e 40 centímetros e diâmetro da base inferior a 10 centímetros, no momento desta investigação.

As principais espécies encontradas foram: *Inga* sp (Ingá xixica), *Syzygium jambolarum* (Jambolão); *Inga edulis* (Ingá de metro); *Parkia multijuga* (Paricá); *Pithecolobium* sp (Baginha);

*Bellucia* sp (Goiaba de Anta), *Swietenia macrophylla* (Mogno), *Schyzolobium amazonicum* (Bandarra), *Mangifera indica* (Manga), *Euterpe oleraceae* (Açaí), *Anacardium occidentale* (Cajú) e *Bixa orellana* (Urucum).

A área apresentou-se com erosão laminar e em sulcos, decorrentes da ausência de cobertura vegetal no solo e mudas com sinais de atrofiamento.

#### 4.1.3. Classificação dos substratos nas áreas experimentais

As diferentes atividades e processos envolvidos na mineração de cassiterita, resultam em substratos com características que decorrem principalmente, do tipo e da composição da rocha matriz, dos processos de degradação, da forma e do tempo de exposição do material remanescente. Em virtude de uma variedade muito grande das situações, fez-se necessária a classificação inicial do material a ser recuperado, para definição das técnicas e estratégias de recuperação a serem aplicadas e conseqüentemente as operações necessárias.

A classificação considerada dos substratos para as áreas experimentais e as deferentes estratégias adotadas está apresentada no QUADRO 3.

**QUADRO 3 – Diferentes substratos e estratégias observadas nas áreas a serem recuperadas**

<i>Substratos</i>	<i>Estratégias de recuperação e técnicas</i>
Área não decapeada	Regeneração natural
Área decapeada	Plantio de leguminosas
	Adubação orgânica em covas
	Adubação química
	Plantio de nativas
Taludes e cortes	Plantio de gramíneas
	Plantio de leguminosas
Piso de lavra	Adubação química
	Adubação orgânica em covas
	Plantio de nativas
	Colocação de “topsoil”(recobrimento)
Áreas de rejeito	Plantio de leguminosas
	Adubação química
	Adubação orgânica em covas
	Plantio de nativas



#### **4.1.4. Métodos de exploração mineral**

Antes da caracterização dos substratos, propriamente ditos, faz-se necessária uma descrição dos tipos de lavras promovidas nos terrenos onde se procederam as alternativas de recuperação, o que implicou diferenças nos tipos de substratos e, conseqüentemente, nas estratégias de recuperação.

Os métodos de exploração executados nas diferentes áreas foram: Washing Plant – WP, Desmonte Hidráulico e Dry Mine, sendo que os rejeitos provenientes dessas duas últimas passaram pelos mesmos tipos de planta (processamento) o que resultou em grandes áreas de depósitos de rejeitos.

Nas áreas de atuação de W.P. a deposição de rejeitos ficou restrita às caixas de flutuação, com variação granulométrica nestes no sentido vertical, não se espalhando desta forma pelo terreno. A separação das caixas de flutuação foi feita por bermas, onde com solo original parcialmente mantido facilitando desta maneira, a regeneração natural.

Na área experimental Serra da Onça foi realizado o desmonte hidráulico e o Dry Mine, os rejeitos passaram pela mesma planta, resultando em grandes áreas de deposição de rejeitos com caminhamento e distribuição das frações granulométricas na superfície oblíqua. Essas áreas ocupam grandes extensões, com grandes variações granulométricas do terreno, o que implica no aparecimento de grandes depósitos de areia e áreas argilosas quase que totalmente alagadas no período chuvoso, sendo este tipo de rejeito e os locais de lavra são as principais áreas a serem recuperadas devido à grande variabilidade das condições locais.

#### **4.1.5. Caracterização dos substratos nas áreas experimentais**

##### **4.1.5.1. Área decapeada**

São áreas desmatadas com posterior remoção de um ou mais horizontes do solo, resultado na destruição do banco de sementes, impedimentos mecânicos ao sistema radicular, além da menor fertilidade da camada superficial exposta (FIGURA 5).



**FIGURA 5 – Área decapeada**

Em muitos casos condição conduziu à exposição dos horizontes inferiores do solo original, composto de material “geologicamente heterogêneo”. Uma característica importante neste tipo de material é o fato de não ter havido revolvimento ou distúrbio no material remanescente, mas apenas a retirada de parte dos horizontes superficiais do solo. Em algumas situações, a exposição de um material pouco estruturado fisicamente conduz, por meio de regimes de umedecimento e secagem, problemas físicos que podem dificultar o processo de revegetação.

#### **4.1.5.2. Área não decapeada**

São áreas desmatadas sem posterior remoção da camada superficial do solo, mais rica em nutrientes e matéria orgânica, nas quais o banco de sementes é preservado, sendo utilizadas, principalmente, para proteção de estradas e benfeitorias. Nestas áreas, a regeneração natural ocorre espontaneamente (FIGURA 6).



**FIGURA 6 - São Sebastião – antiga vila / não decapeada**

#### **4.1.5.3. Taludes decorrentes de cortes e de construção de barragens**

A abertura de cortes no terreno conduz ao aparecimento de taludes, com declividade acentuada, que devem ser revegetados, para que a integridade do sistema de recuperação não seja comprometida pela ação dos agentes de erosão. Os taludes, geralmente, mostraram em todos os terrenos percorridos, uma estratificação decorrente dos horizontes que formam o solo original, com a exposição, algumas vezes dos horizontes B e C, os quais não apresentam boa estruturação, tornando-os extremamente susceptíveis aos agentes de erosão (FIGURA 7).

A construção de barragens gera o aparecimento de taludes que apresentam características distintas daqueles formados a partir da abertura de cortes. Geralmente o material empregado na construção destas barragens é mais homogêneo e a sua deposição segue a granulometria das partículas. Este aspecto, geralmente, permite a adoção de um único processo de revegetação, diferentemente dos taludes oriundos de cortes.



**FIGURA 7 - Taludes**

#### **4.1.5.4. Cavas de minas**

A realização do processo de abertura de cavas para a exploração de cassiterita exige a exposição de encostas e a confecção de bermas. A declividade das encostas e a largura das *bermas* tradicionalmente são determinadas em função das características do material, do processo de abertura da cava, da necessidade de vias de acesso e do volume de minério a ser explorado. Por sua vez, esse volume depende da pureza do minério e dos aspectos econômicos do processo (valor de mercado da cassiterita, relação estéril/minério, custos de extração, de recalque de águas, de beneficiamento etc.). Na medida em que a cava se aprofunda, existe maior exposição de encostas e maior área de *bermas* (FIGURA 8).



**FIGURA 8 – Cava de mina e seu piso**

#### **4.1.5.5. Áreas de deposição de rejeito**

Em áreas de lavra a céu aberto, a retirada do minério sem o retorno do estéril ou mesmo dos horizontes superficiais (preenchimento da cava) conduz a um substrato remanescente formado por uma massa heterogênea de material geológico. São áreas preenchidas com sedimentos, drenadas ou parcialmente drenadas, com granulometria variável, sujeitas à inundação, acarretando problemas de sustentação física do terreno, dificultando ou impossibilitando a mecanização. As características desse substrato dependem de propriedades físicas e geoquímicas da rocha que deu origem a esses fragmentos, mas, geralmente, são muito pobres e desprovidos de matéria orgânica, dificultando sobre maneira o desenvolvimento vegetal (Figura 9).



**FIGURA 9 - Áreas de deposição de rejeito (arenoso)**

Nas áreas de mineração da CESBRA, os locais de deposição de rejeito ocupam a maior porcentagem das áreas degradadas, necessitando assim, de uma atenção bastante especial.

Em virtude deste tipo de material ser formado basicamente por fragmentos de rochas, a sua caracterização química traz implicações importantes no que se refere à interpretação de resultados provenientes de análises rotineiras de fertilidade.

## **4.2. Descrição das técnicas e estratégias de recuperação**

### **4.2.1. Utilização de compostos orgânicos**

Nas áreas mineradas, o teor de matéria orgânica e nutriente na camada superficial é baixo ou inexistente. A aplicação e incorporação de algum tipo de matéria orgânica (serrapilheira, compostos orgânicos, etc.) na superfície do solo podem acelerar o processo de revegetação destas áreas. Para o presente trabalho realizou-se a compostagem de dois tipos de materiais orgânicos (serragem e esterco bovino) encontrados com facilidade nas áreas adjacentes a FLONA do Jamari. O processo de compostagem seguiu a metodologia descrita em KIEHL (1988) e abaixo resumida (FIGURA 10).

- Época: setembro

- Material: serragem + esterco bovino
- Quantidade utilizada: 20l/cova
- Procedimento:

Em uma área de 3 X 20 m foram dispostas, de forma sucessivas, camadas de 15 de cm de serragem seguidas por camadas de 5 cm de esterco bovino (numa proporção de 3:1), sendo irrigadas continuamente, sem encharcar e sem compactar, até uma altura de 160 cm . Após aproximadamente 15 dias, a pilha atingiu uma temperatura de 50° C (termofilia) e o composto foi revolvido, misturando-se as camadas. Este procedimento foi repetido a cada 15 dias até meados de dezembro de 2001, quando este foi aplicado no campo.



**FIGURA 10 - Preparação do composto orgânico**

#### **4.2.2. Adubação verde**

A adubação verde é uma prática agrícola milenar, cujo objetivo é melhorar a capacidade produtiva do solo, com a adição de material orgânico vegetal não decomposto de plantas exclusivamente cultivadas para este fim. Essas plantas podem ou não ser produzidas no próprio local e são utilizadas antes de completarem seu ciclo vegetativo ou não.

A adubação verde (FIGURA 11) pode ser realizada com diversas espécies vegetais, porém a preferência pelas leguminosas está consagrada por inúmeras vantagens, dentre as quais, destaca-se sua capacidade de fixar nitrogênio direto da atmosfera por simbiose.

Em sentido mais amplo, a adubação verde não é somente o cultivo e corte de plantas imaturas seguidas ou não de sua incorporação, mas uma prática que a médio e longo prazo, com base na periodicidade e na racionalização de sua aplicação podem trazer inúmeros benefícios ao solo:

- Proteção contra agentes da erosão e incidência de raios solares;
- Suprimento de matéria orgânica;
- Descompactação, estruturação e aeração do solo;
- Melhoria do aproveitamento e eficiência dos adubos e corretivos;
- Fixação de nitrogênio direto da atmosfera;
- Aumento da capacidade de armazenamento de água no solo;
- Fornecimento de fitomassa para a formação da cobertura morta;
- Atenuação da variação térmica do solo
- Proteção de mudas-plantas contra o vento e radiação solar;
- Rápida cobertura do solo e grande produção de massa verde em curto espaço de tempo;
- Recuperação de solos de baixa fertilidade.





**FIGURA 11 - Tapete verde formado por coquetel de leguminosas em piso de lavra Serra da Onça**

### **4.2.3. Plantio de espécies nativas**

#### **Coleta de sementes e produção de mudas**

As sementes necessárias para dar origem às mudas a implantação do programa de recomposição vegetal com espécies de ocorrência regional, foram obtidas em coletas, respeitando-se alguns princípios biológicos, garantindo assim, a representatividade genética das populações. Desta maneira, considerou-se um mínimo de dez matrizes como suficiente para garantir uma diversidade genética razoável, para um processo de recuperação e áreas representando conseqüentemente a população.

As mudas necessárias foram produzidas pelo viveiro da CESBRA, por via sexuada, mediante germinação de sementes, técnicas de semeadura direta e repicagem. Atualmente a Empresa tem uma capacidade de produção de 50.000 - 60.000 mudas/ano. Após três anos consecutivos de preparo dos terrenos a CESBRA terá que aumentar sua produção de mudas para 150.000 mudas/ano, garantindo a implantação de todo o programa de recuperação.

O substrato utilizado na produção de mudas foi um sub-solo de textura média, tendo-se desprezados os horizontes superficiais com o propósito de se evitar a presença de microrganismos

patogênicos e sementes de plantas invasoras. Ao solo foi adicionado 20% do volume de esterco de curral, além de adubo químico em função da análise de solo, geralmente em torno de 2,0-3,0 Kg/m<sup>3</sup>.

### **Implantação**

O plantio propriamente dito foi precedido das seguintes etapas sequenciais:

- Práticas de conservação do solo, como terracamento, adubação verde etc.
- Alinhamento e marcação de covas em nível, obedecendo ao espaçamento de 3,0 x 1,5, portanto 2.222 covas/ha
- Coveamento, mecânico e manual, quando necessária, com abertura de covas de 40 x 40 x 40.
- Calagem a lanço, adubação orgânica e química na cova. A necessidade de calagem foi recomendada pelo método I.A.C., suficiente para elevar a saturação de bases (V%) até 55-60%. A adubação química preconizada foi de 200 g da formulação NPK 10-10-10, incorporada a cova de plantio e para a adubação orgânica 20 l de composto orgânico produzido/ cova.
- Plantio e replantio considerados juntos para efeito do dimensionamento da necessidade de mudas como sendo de 2.500 mudas/ha com disposição de 75% de espécies pioneiras e secundárias iniciais e de 25% de espécies secundárias tardias e clímax, com as clímax somente introduzidas a partir do segundo ano consolidando o estabelecimento das pioneiras no terreno e facilitando tratos culturais pela mecanização:
- Replantio quando necessários e combate a formigas até o 3º ano quando necessário

### **Manutenção**

Uma vez concluído o plantio, a manutenção do mesmo será realizada até o 3º ano. Esta manutenção consta de uma limpeza mecânica em volta da muda (coroamento) e uma adubação de cobertura, com N P K. A partir de então, toda a limpeza passa a ser seletiva, para proporcionar condições de germinação do banco de sementes.

#### 4.2.4. Recobrimento do solo

O material solo superficial armazenado é espalhado sobre a superfície onde se deseja revegetar mantendo uma espessura igual a que originalmente foi retirada no local. No entanto, este procedimento geralmente é comprometido pelas perdas que podem ocorrer ao longo dos processos de retirada, transporte e de erosão durante o armazenamento. Assim, não é comum empresas se depararem com insuficientes quantidades de material para cobrir o solo. Na aplicação desta técnica, normalmente a espessura da camada espalhada é de aproximadamente de 10 a 20 cm (FIGURA 12). Esta técnica apresenta bons resultados na revegetação de áreas e sua principal desvantagem está associada ao custo, dependendo do seu planejamento (DIAS, 2002).



**FIGURA 12 - Rejeito arenoso sendo capeado com substrato argiloso**

### **4.3. Metodologia de desenvolvimento do software**

Desenvolveu-se um software capaz de auxiliar a seleção de máquinas e implementos na revegetação de áreas mineradas pela exploração de cassiterita. O sistema foi desenvolvido para ambiente Windows tendo como linguagem de programação a Object Pascal do programa “Borland Delphi6”. As operações básicas consideradas foram a recomposição topográfica e o preparo das superfícies. Este algoritmo é constituído de: um banco de dados, rotinas com análise de produção e custo médio das operações.

O parâmetro principal de seleção foi o tipo de operação a executar. As rotinas de produção e custo médio do maquinário foram usadas como suporte para decisão na escolha do maquinário. O resultado da análise foi um relatório impresso, com as diferentes opções mecanização para desenvolver o conjunto de operações no campo. Uma simplificação do algoritmo desenvolvido pode ser observado no diagrama da FIGURA 13.

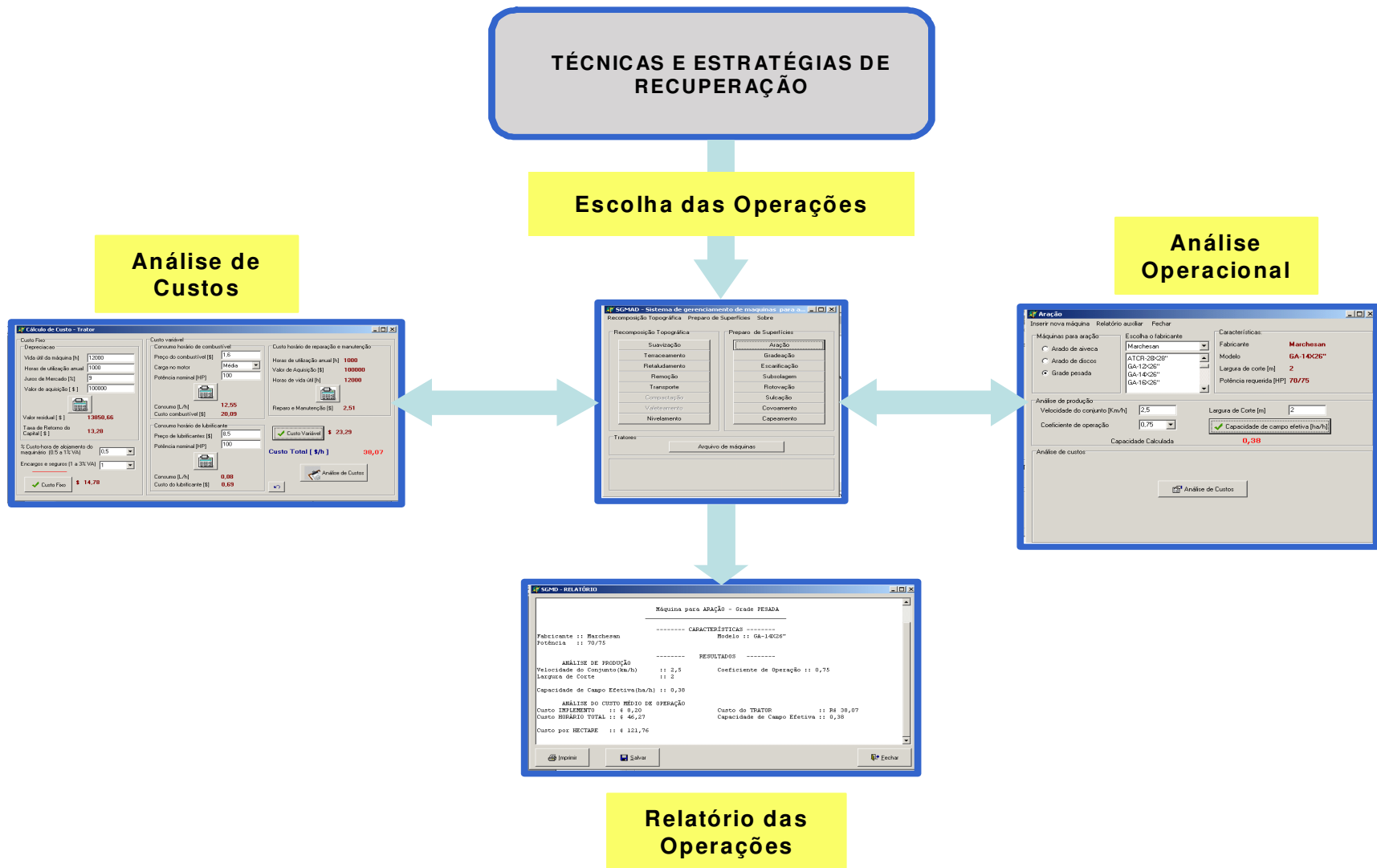


FIGURA 13 – Diagrama simplificado do software

#### **4.3.1. Construção do banco de dados**

Nesta etapa, coletaram-se dados a partir de contato com empresas do setor e montando se tabelas de entrada, com os modelos das máquinas e suas especificações operacionais. O banco de dados foi dividido em duas fontes de maquinários característicos: a primeira relacionada à própria técnica de exploração mineral usada no processo, ou seja, máquinas de grande capacidade operacional, normalmente usadas em terraplenagem, e a segunda as máquinas agrícolas de aplicação na movimentação de superfícies para revegetação ou plantio.

#### **4.3.2. Identificação das principais operações na recomposição topográfica e mobilização superficial de áreas degradadas**

Identificaram-se três grandes conjuntos de alternativas aplicadas à recuperação de áreas degradadas, que podem ser distinguidas em função da predominância do campo de conhecimento científico que as fundamentam: revegetação, geotecnologias e remediação. Estas alternativas possuem como meta a estabilidade biológica, física e química do ambiente. Neste contexto, optou se pela revegetação local considerando que as áreas encontra-se em uma Floresta Nacional. As operações de recomposição topográfica e preparo das superfícies foram consideradas básicas e partir delas tomaram-se as sub operações como mostra o QUADRO 4.

**QUADRO 4 - Principais operações de recomposição topográfica e preparo de superfícies em áreas degradadas.**

<b>Recomposição Topográfica</b>	<b>Preparo da superfície</b>
<b>Abaulamento ou suavização:</b> consiste em abaular partes do terreno muito irregular que venha comprometer o preparo da superfície para o plantio ou revegetação	<b>Aração:</b> operação de corte, elevação, inversão e pré-desagregação da leiva do solo/substrato
<b>Terraceamento:</b> Construção de estruturas de retenção do escoamento superficial pluvial na área através de terraços	<b>Gradeação:</b> operação de destorroar e nivelar a leiva do solo/substrato
<b>Retaludamento:</b> reafeiçoamento de forma suavizada de cortes abruptos visando plantio ou revegetação	<b>Escarificação:</b> rompimento de camadas compactadas sub-superficiais do solo/substrato
<b>Remoção:</b> Retirada do material solo/substrato para posterior utilização no plantio ou revegetação	<b>Subsolagem:</b> prática de rompimento de camadas compactadas em uma profundidade superior 40cm.
<b>Transporte:</b> translocação do substrato a distância considerável	<b>Rotovação:</b> operação de preparo do solo/substrato utilizando enxadas rotativas
<b>Compactação:</b> consiste em compactar substratos desagregados de maneira a melhorar a estabilidade para posterior plantio.	<b>Sulcação:</b> prática de fazer sulcos no solo/substrato
<b>Valeteamento:</b> abertura de canais de forma auxiliar o controle da erosão local	<b>Covoamento:</b> perfuração de covas ao longo da superfície do solo/substrato
<b>Nivelamento:</b> Promover a sistematização da área através de um nível preestabelecido	<b>Capecamento:</b> revestir uma determinada superfície com algum substrato de interesse visando plantio

#### **4.3.3. Sistemática de cálculo da estimativa da produção horária das máquinas e implementos**

A sistemática de cálculos para o desenvolvimento da rotina que auxiliou a estimativa da produção horária das máquinas e equipamentos teve por base as características particulares de cada equipamento.

Neste item, entende-se por produção horária das máquinas e equipamentos a unidade de volume de serviço que esta máquina pode executar no período de uma hora. Em se tratando das máquinas de terraplenagem, em geral, a unidade é expressa por: metros cúbicos por hora [m<sup>3</sup>/h], e para determinados tipos de máquinas e implementos agrícolas a unidade é expressa por: hectare por hora [ha/h], conhecida como capacidade operacional efetiva.

#### **4.3.3.1. Capacidade operacional de máquinas e implementos para mobilização superficial das áreas**

A mobilização ou preparo das superfícies de áreas degradadas, visando revegetação, é efetuado, geralmente, por máquinas agrícolas. A estimativa do desempenho operacional das máquinas e implementos agrícolas foi obtida por meio da capacidade de campo efetiva (Cte).

Neste sentido, implementou-se no algoritmo o cálculo da capacidade de campo efetiva, para as diferentes máquinas descritas no banco de dados, como na equação 1:

$$Cte = \frac{L.V.f.}{10000} \quad [\text{ha/h}] \quad (1)$$

Onde:

L – Largura de corte da operação [m]

f – Coeficiente de eficiência

V – Velocidade de deslocamento do conjunto [m/h]

Cte - capacidade de campo efetiva [ha/h]

#### **4.3.3.2. Produção horária de máquinas e implementos para a recomposição topográfica das áreas**

A recomposição topográfica das superfícies de áreas degradadas, visando revegetação, é efetuada geralmente, por máquinas de terraplenagem utilizadas na própria mina. A seguir estão descritas equações para cálculo do rendimento ou produção horária dos seguintes equipamentos: trator de esteira, escavadoras e pás carregadoras, motoniveladoras, unidades transportadoras e máquinas operatrizes.

##### **a) Capacidade operacional ou produção horária de tratores de esteira equipado com lâminas dolzer**



A utilização das lâminas dolzer é muito freqüente na movimentação de materiais, e sua produção (R), pode ser expressa em m<sup>3</sup>/h, ou também pela capacidade operacional ha/h(Cte) do conjunto. A estimativa operacional implementada no algoritmo encontra-se na equação 2:

$$R = \frac{Q_L \cdot f \cdot E \cdot 60}{T} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2)$$

Onde:

Q<sub>L</sub> - Capacidade da lâmina [m<sup>3</sup>]

f – Fator de conversão [relação de densidades / natureza do material]

E - Fator de eficiência [t/t] – 0,70

T – Tempo para o equipamento realizar um ciclo [min]

### **b) Produção horária de escavo-carregadoras e pás-carregadoras**

A utilização das máquinas escavo-carregadoras e pás-carregadoras são freqüentes na movimentação de materiais e exploração mineral. A de produção (R) destas máquinas pode ser expressa em m<sup>3</sup>/h. A estimativa operacional implementada no algoritmo encontra-se na equação 3:

$$R = \frac{Q_C \cdot f \cdot E \cdot K \cdot 3600}{T} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3)$$

Onde:

Q<sub>C</sub> - Capacidade da caçamba [m<sup>3</sup>]

f – Fator de conversão [relação de densidades – natureza do material]

E - Fator de eficiência [t/t] – 0,50

T – Tempo para o equipamento realizar um ciclo [seg]

K – Fator de eficiência da caçamba [t/t]

### **c) Produção horária de motoniveladoras**

O emprego de motoniveladoras na movimentação de materiais e conservação de áreas agrícolas é muito freqüente. A capacidade operacional pode ser expressa em ha/h (Cte), ou em

horas gasta no preparo da superfície. A estimativa operacional implementada no algoritmo encontra-se nas equações (4 e 5):

$$R = \sum \frac{p.dm}{V.E} \quad [\text{horas}] \quad (4)$$

Onde:

p – Número de passadas para completar a operação

dm – Distância percorrida em cada passada [Km]

E - Fator de eficiência [t/t]

V – velocidade média em cada passada [Km/h]

Em algumas aplicações, como espalhamento de materiais desagregados, a produção das motoniveladoras e outros equipamentos com lâminas podem ser calculados pelo volume de material espalhado:

$$R = \frac{V.E.e.l.60}{N} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (5)$$

Onde:

V – velocidade de deslocamento [m/h]

E – eficiência do equipamento - 0,70

l – largura útil da operação [m]

N – número de passadas

e - espessura da camada a espalhar

#### **d) Produção horária de unidades transportadoras**

Os caminhões normalmente são as máquinas mais utilizadas nas operações de transporte. A estimativa operacional implementada no algoritmo para caminhões com caçamba, encontra-se na equação 6:

$$P = \frac{60.C.E}{\frac{60.2.x}{v} + t} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (6)$$

Onde:

C – Capacidade do caminhão em toneladas ou [m<sup>3</sup>]

E – Eficiência do transporte [t/t]  
X – Distância transporte [km]  
V – velocidade de transporte [km/h]  
t – tempo fixo (=5 minutos/descarga)

#### e) Especificação da potência tratoria para as máquinas operatrizes

Para a especificação da potência tratoria das máquinas foi utilizado a potência nominal máxima desenvolvida pelo motor da máquina motriz, dado este, disponibilizado pelos fabricantes.

#### 4.3.4 Sistemática de cálculos para análise do custo médio das operações

Existem várias formas de se calcular a estimativa do custo das operações a serem realizadas no campo por máquinas e equipamentos. A sistemática de cálculo ora adotada foi proposta por CAÑAVATE (1989), de acordo com ASAE (1980), onde:

$$C = \frac{CF}{S} + CV \cdot \frac{1}{Cte} \quad [$/ha] \quad (7)$$

Onde:

C - Custo médio da operação [\$(/ha ou m<sup>3</sup>)]

CF – Custo fixo [\$/ano]

CV – Custo variável [\$/h]

S – Total da unidade de volume de produção trabalhada [ha - m<sup>3</sup>]

Cte – capacidade de campo efetiva [ha/h] ou rendimento [m<sup>3</sup>/h]

##### 4.3.4.1. Procedimentos para os cálculos dos custos fixos

###### a) Estimativa da depreciação do maquinário

O método de estimativa da depreciação do maquinário que se implementou no algoritmo combina a depreciação da máquina com o retorno do capital investido. A equação é dada por:

$$RC = (Va - Vr) \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n + 1} \right] + Vr.i \quad [$/ano] \quad (8)$$

Onde:

Va – Valor de aquisição do equipamento [\$]

Vr – Valor residual do equipamento [\$]

i – Valor percentual de seu retorno capital de interesse [%]

n – Período de utilização [anos]

#### **b) Estimativa do custo-hora de alojamento do maquinário**

Os custos de alojamento foram estimados de acordo com a máquina selecionada, sendo estes variando de 0,5 a 1% do valor de aquisição do equipamento (Va).

#### **c) Estimativa dos encargos com seguros e impostos**

Os encargos relacionados a seguros e impostos foram estimados de acordo com a máquina selecionada, sendo estes variando de 1 a 3% do valor de aquisição do equipamento (Va).

### **4.3.4.2. Procedimentos para os cálculos dos custos variáveis**

#### **a) Estimativa do consumo horário de combustíveis do maquinário**

Segundo dados da ANFAVEA (Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores) a totalidade de tratores e máquinas do Brasil utiliza óleo diesel como combustível. Sendo assim, utilizou-se deste tipo combustível como base de cálculo para as estimativas de consumo. Sendo assim, de acordo com ASAE (1980), o consumo de óleo pode ser estimado mediante a carga do motor, como na equação abaixo:

$$C_D = 2,74.CM + 3,91 - 0,2\sqrt{738.CM + 173} \quad [\text{l/kWh}] \quad (9)$$

Onde:

$C_D$  – Consumo de diesel em [l/kWh]

$CM$  – Carga no motor [%]

### **b) Estimativa do consumo horário de lubrificantes**

Foi utilizada a equação proposta pela ASAE (1980) cujo consumo de óleo lubrificante pode ser estimado através da seguinte equação:

$$L_D = 0,00059N_n + 0,02 \quad [\text{l/h}] \quad (10)$$

Onde:

$L_D$  – Consumo de óleo lubrificante [l/h]

$N_n$  - Potência nominal do motor [kW]

### **c) Estimativas do custo horário de reparação e manutenção**

O método implementado utilizou-se de tabelas originadas do ajustes de funções do tipo  $y = a.x^b$ , sendo o custo de reparação e manutenção dado por:

$$CRM = y \frac{Va}{100} \quad [\text{\$}] \quad (11)$$

$CRM$  – Custo de reparação e manutenção [\\$]

$Va$  – Valor de aquisição [\\$]

$Y$  - Custo acumulado de reparação e manutenção

### **d) Cálculo do salário por hora do operador**

Para este item foi convertido o salário anual do operador no tempo de uma hora.

#### 4.3.5. Planejamento das operações nas áreas degradadas e validação do programa

O programa foi desenvolvido contemplando diferentes operações, no entanto, para o desenvolvimento deste trabalho executou-se o planejamento somente para as operações necessárias a realidade de recuperação das áreas dentro da Floresta Nacional do Jamari em Rondônia. Desta forma, para o presente trabalho foram selecionadas algumas das principais operações para a utilização do programa. O QUADRO 5 contém as operações realizadas e o nome das áreas.

QUADRO 5 – Operações realizadas nas áreas mineradas

<i>Área</i>	<i>Operações</i>	<i>Operações</i>
	<b>Recomposição Topográfica</b>	<b>Área [mina]</b>
		<b>Mobilização Superficial</b>
Serra da Onça	Retaludamento	Serra da Onça
Serra da Onça	Suavização	Serra da Onça
		14 de Abril
Serra da Onça	Terraceamento	Serra da Onça
14 de Abril	Remoção	Serra da Onça
		14 de Abril
14 de Abril	Transporte	14 de Abril
		Capeamento

Antes da apresentação do planejamento propriamente dito, torna-se interessante uma discussão das operações realizadas a fim de apresentar seus detalhes de execução.

**Observação importante:** Quando uma área já minerada for trabalhada para fins de revegetação, torna-se necessário, como medida preliminar, estancar o deflúvio dentro deste sítio (mina, depósito de rejeito e outros), pois este deflúvio pode comprometer todo o trabalho ali executado. Nas áreas estudadas isso foi realizado num momento chuvoso percorrendo todo o perímetro do sítio e fixando estacas para posteriores ações naquele local. Estas ações foram pequenas barragens, terraços, valetas e outras estruturas.

##### 4.3.5.1. Operações de recomposição topográfica

Define-se como moldagem, remoldagem ou recomposição topográfica do relevo, uma escultura feita em grande escala na área degradada coberta com uma variedade de vegetação, com água ou com rochas, de tal forma que sua composição estética seja harmoniosa e agradável para a percepção humana (IBAMA, 1992)

**a) Suavização ou abaulamento:** Uma parte da área lavrada estava com a superfície altamente irregular, pois foi utilizada como depósito de estéril na finalização do processo de exploração. As irregularidades da superfície e os amontoados de estéril são formas potenciais de impacto em superfícies lavradas, pois dificultam as técnicas de plantio local e contribuem para o processo erosivo (BANCO DO NORDESTE).

A operação de suavização foi realizada de maneira a aplainar a superfície considerando um futuro plantio na área e permitindo a compensação de volumes de corte e aterro, como no trecho da FIGURA 14. Por meio da análise de quadriculamento do terreno foi possível calcular o volume de corte e aterro, porém como não havia um nível pré-estabelecido esta tarefa tornou-se mais demorada e as vezes a compensação foi realizada de maneira visual, preenchendo os cortes com volume de etéril. Esta operação ofereceu maior dificuldade para a avaliação dos ciclos, dado o problema de se identificar a seqüência dos mesmos. O conjunto trator-lâmina percorria uma distância média de 72 m, sendo sua lâmina de 3,20 larguras e altura de 1,13. O tempo de ciclo foi avaliado em ( um minuto) e a natureza do material trabalhado sendo considerada terra seca comum.

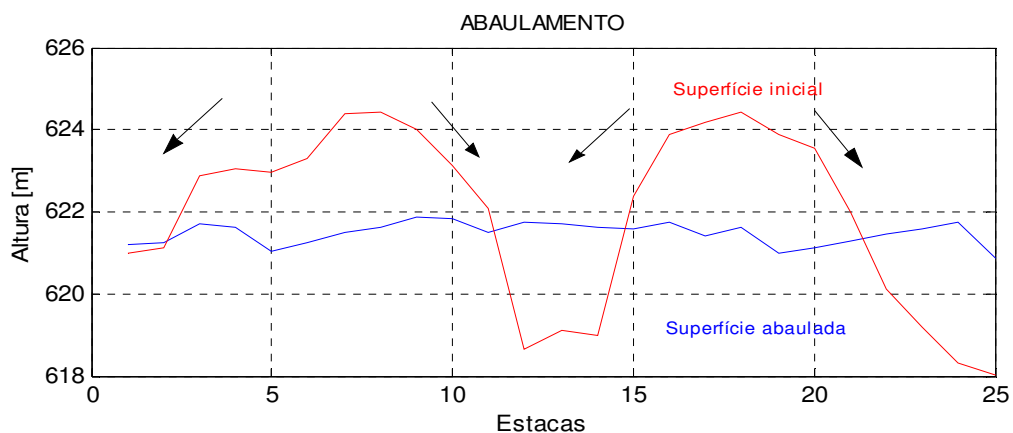


FIGURA 14 – Compensação de cortes e volumes

**b) Terraceamento:** Em decorrência da própria característica do piso de lavra efetuou-se a subsolagem local, rompendo as camadas mais compactadas de maneira a melhorar o desempenho do conjunto trator-lâmina. Os terraços foram construídos de forma ‘embutida’ tipo comum. A operação foi efetuada com fator de eficiência operacional baixo, quando comparado com o terraceamento agrícola citado por (PECHE, 1989). Esta característica esta relacionada com a irregularidade da própria área. Os terraços foram construídos de tamanho variado, A distancia horizontal de um terraço para o outro foi de 20 metros em média, não havendo uma metodologia específica para este dimensionamento, mas foi levado em consideração as chuvas locais. Um cuidado importante na construção de terraços em áreas de piso de lavra, está na característica do próprio terraço se tornar um obstáculo para a expansão natural da mata periférica FIGURA 15.



**FIGURA 15 - Terraço funcionando como obstáculo à expansão da floresta**

Nesse caso, torna-se importante um planejamento pré e pós terraceamento. Essa operação foi executada com cinco passadas de lamina a uma velocidade de 1,5 Km/h sendo a largura média de execução de 2,8 m e a espessura média de 0,60 metros.

**c) Retaludamento:** Esta operação consiste na suavização de cortes abruptos gerados na exploração mineral. O IBAMA (1990) define que em terrenos de alta declividade, ou seja, acima de



20% de acordo com o uso do solo devem-se construir bancadas, ou seja, terraços e patamares e, também que, terrenos argilosos poucos erodíveis os taludes podem ser remoldados até 40% de declividade. A operação foi executada por uma unidade escavo-carregadora com o tempo de ciclo completo de 50 segundos e o volume da caçamba de 1,1 m<sup>3</sup>. No decorrer da execução desta operação, observaram-se algumas dificuldades em conseguir baixas declividades para construção das rampas dos taludes, principalmente em lugares onde não foi possível entrar com máquinas. Uma parte deste problema está associada a um bom planejamento na desativação da mina, não permitindo taludes íngremes na orla inundada pelos lagos. Em lugares onde os taludes não foram remoldados, utilizou-se do plantio de gramíneas e leguminosas em saco de linhagem.

**d) Remoção:** Esta operação é muito comum nas diversas atividades de uma mina. Neste trabalho foi realizada a remoção de material argiloso para o capeamento de áreas altamente arenosas (rejeito) para isso utilizou-se de operações integradas de remoção e transporte. Esta operação foi executada por uma unidade escavo-carregadora com o tempo de ciclo completo de 40 segundos e o volume da caçamba de 1,1 m<sup>3</sup>.

**e) Transporte:** A translocação de material dentro da área foi efetuada por caminhões, no transporte de mudas utilizaram-se caminhões com carrocerias e reboques agrícolas, já para o transporte de solo/substrato foram utilizados caminhões caçambas com capacidade volumétrica da caçamba de 15 m<sup>3</sup>. A velocidade de deslocamento foi de 60 Km/h e distância média de transporte de 3,5 Km.

### **3.3.5.2. Operações de preparo do solo/substrato:**

O preparo de um solo para revegetação de uma área degradada possui como objetivo o uso posterior da mesma. Sendo assim, no caso de uma revegetação quase sempre a finalidade é a colocação de espécies arbóreas nativas no local de maneira a começar o processo de seleção natural. Desta maneira, o preparo da superfície distingue-se do preparo do solo agrícola.

**a) Subsolagem ou escarificação :** A operação de escarificação ou subsolagem em áreas de piso de lavra possui uma importância crucial na revegetação de áreas, pois permite a utilização mais otimizada de outros equipamentos e também a quebra das camadas compactadas no solo/substrato minimizando a resistência mecânica ao crescimento de raízes e conseqüentemente auxiliando no estabelecimento vegetal. No entanto, sua execução envolve custos elevados. Um bom diagnóstico

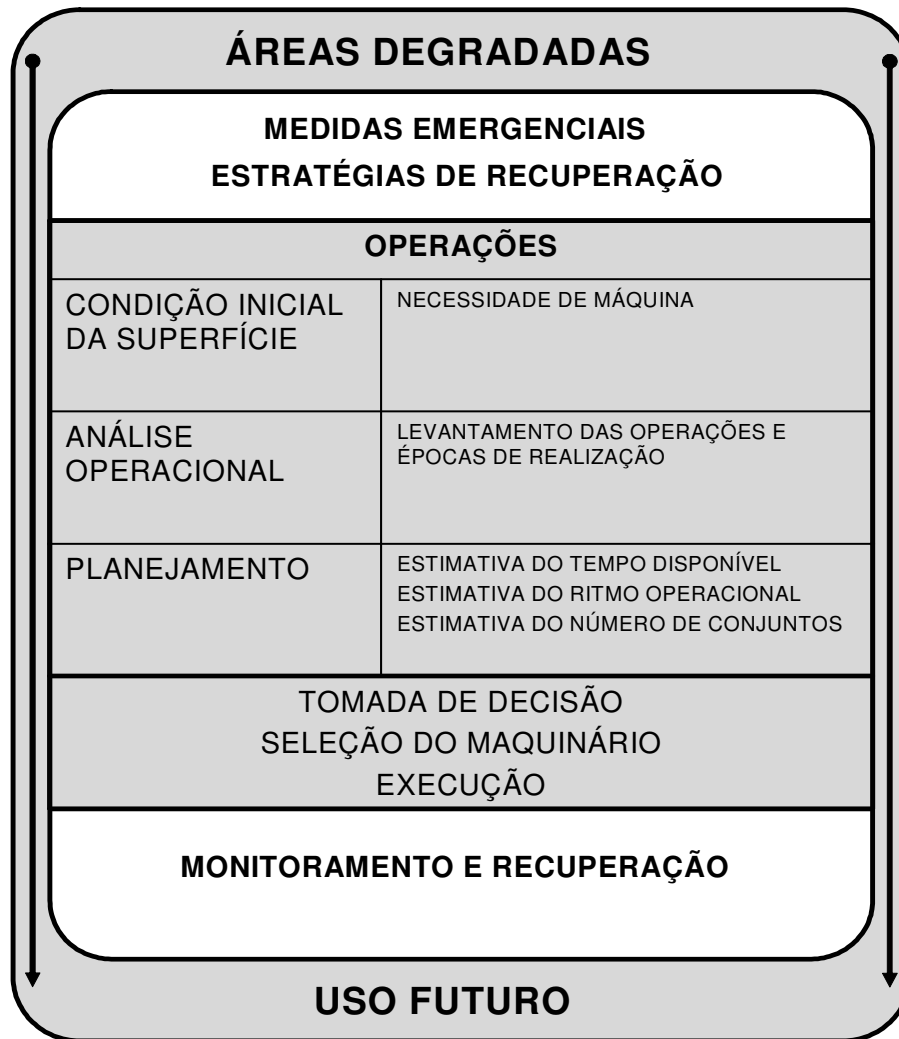
das áreas minimiza custos operacionais. Na discussão sobre a avaliação do preparo das superfícies apresenta-se uma técnica espacial de mapeamento das áreas compactadas. O conjunto trator-ríper deslocou numa velocidade média de 2 km/h sendo sua largura de trabalho 2,54 m.

**b) Gradeação:** Definida operação como a operação de destorroar e nivelar a leiva do solo/substrato. Nas áreas estudadas a gradeação foi executada por meio de uma grade aradora GA14x26", com largura de corte de 2 m. e velocidade média 3 Km/h. A finalidade desta mobilização foi de melhorar a rugosidade e o nivelamento da superfície trabalhada com o ríper para o plantio de leguminosas. No entanto, nos lugares onde não ocorreu a ação das hastes do ríper, esta operação pode ser considerada uma aração, pois ocorreu o corte, elevação, inversão e pré-desagregação da leiva do solo/substrato

**c) Capeamento:** Esta operação deve ser bem planejada, pois envolve anteriormente, toda uma logística de armazenamento, remoção, transporte e distribuição do solo/substrato. DIAS (2002) descreve que o armazenamento da camada fértil do solo deve levar em consideração vários fatores para não afetar a presença de microorganismos do solo. O autor ressalta também que a utilização de solo de superfície ou "topsoil" deve ser estabelecida antes mesmo do processo de exploração. Para esta operação, utilizou-se uma pá-carregadora equipada com uma caçamba de 1,53 m<sup>3</sup>, largura de 2,4 m. A espessura de espalhamento foi 0,2 m e necessitou de 5 passadas por distribuição com velocidade média de 2,8 Km/h (área plana).

**d) Covoamento:** Nas áreas estudadas as covas foram feitas manualmente e com o perfurador de covas. Observa-se que a utilização do perfurador limita-se as áreas onde o trator agrícola trabalha. Esta limitação é ocasionada devido os fatores de relevo e obstrução do trator pelo próprio dossel vegetal. Sendo assim, o técnico responsável por esta operação deverá fazer um análise criteriosa da utilização do perfurador, uma vez que sua capacidade operacional não é tão alta. Desta forma, a realização da operação manualmente pode ser uma opção. A broca usada para a confecção das covas foi de 450 mm de diâmetro e o tempo médio de perfuração 0,25 minutos.

O software foi utilizado como uma ferramenta auxiliar para a seleção de máquinas e implementos. Sua característica principal de desenvolvimento constituiu-se na opção de seleção do maquinário por meio das distintas operações básicas, tomando como parâmetro principal o objetivo da estratégia adotada na área degradada, como mostra FIGURA 16.



**FIGURA 16 – Planejamento das operações realizadas na recuperação das áreas**

Observa-se na FIGURA 16 que inicialmente, foi realizado um levantamento preliminar das áreas mineradas na FLONA. Nesta etapa, foram montados vários experimentos em vasos e campo, a fim de definir quais as melhores estratégias a serem aplicadas nos locais. Uma vez definida as estratégias, verificaram-se as operações a serem realizadas, seguindo-se um planejamento do maquinário. Dessa maneira, adotou-se como condição básica para a utilização de uma máquina em solos degradados, a necessidade e a possibilidade do uso da mesma no local. Uma vez que, de acordo com o grau de degradação a utilização de máquinas na recuperação pode ser inviabilizada.

Neste contexto, o software foi utilizado no planejamento operacional do maquinário e na análise dos custos das máquinas em diferentes estratégias aplicadas.

Nas FIGURAS DE 17A 26 estão apresentadas as principais atividades desenvolvidas por máquinas e implementos na revegetação de áreas mineradas.



**FIGURA 17 - Trator com lâmina operação de terraceamento**



**FIGURA 18 - Recomposição topográfica e preparo superficial da área**



**FIGURA 19 – Área preparada com composto aplicado na cova**



**FIGURA 20 – Trator de esteira com ríper**



**FIGURA 21 – Trator em operação de preparo superficial**



**FIGURA 22 - Operação de remoção e transporte**



**FIGURA 23 - Pá carregadora em operação de capeamento**



**FIGURA 24 - Rejeito arenoso capeado**



**FIGURA 25 - Perfurador de covas em área com plantio de leguminosas**



**FIGURA 26 - Escava carregadora na construção de estruturas hidráulicas**

#### **4.4. Metodologia de avaliação do preparo superficial das áreas degradadas**

A etapa a seguir foi utilizada para analisar a qualidade e a influência da mobilização do solo no crescimento vegetal de leguminosas nas áreas degradadas.

Para tanto, inicialmente, foram retiradas amostras de solo para fins de caracterização das áreas a serem trabalhadas (físicas e químicas). Em seguida, foram realizadas análises da variabilidade espacial, no parâmetro resistência do solo a penetração, antes do preparo dos terrenos. Após as áreas terem sido preparadas, avaliou-se a mobilização e a desagregação dos substratos como parâmetros de qualidade, e posteriormente as áreas plantadas com leguminosas. Nestas condições, procedeu-se uma avaliação do crescimento vegetal das leguminosas e também analisaram-se algumas propriedades do solo, principalmente biológicas, por serem as de respostas mais eminentes quando o interesse é a análise da sustentabilidade das técnicas e estratégias adotadas. As metodologias utilizadas para estas análises, bem como as análises estatísticas utilizadas em cada experimento estão descritas a seguir.

##### **4.4.1. Análises químicas e físicas para fins de caracterização**

A chamada análise química para fins da avaliação da fertilidade dos solos compreende basicamente as seguintes determinações: pH em água; carbono orgânico para estimar o teor de

matéria orgânica; fósforo (P) e potássio (K) disponíveis; cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis; e a acidez potencial (H + Al) determinada com solução tamponada a pH 7,0.

A partir desses valores foram feitos cálculos para a determinação da capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (valor T), saturação de bases no complexo de troca (valor V), saturação de Al no complexo de troca (valor m) e soma de bases (valor SB).

A análise de micronutrientes compreende as determinações: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

As análises químicas para fins de caracterização do solo das áreas experimentais foram realizadas, no Laboratório de solos da UNESP, campus de Jaboticabal/SP.

Para essas análises, as amostras foram retiradas com o auxílio de um trado e preparadas para determinação de pH ( $\text{CaCl}_2$ ); teor de matéria orgânica, fósforo disponível (P) e os teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e teor de alumínio (Al) extraído. Os valores da capacidade de troca de cátions (T) e saturação por bases (V%), foram obtidos por cálculo. Uma descrição detalhada dos métodos analíticos empregados pode ser vista em RAIJ ET AL. (1991).

As amostras para a análise física dos substratos foram coletadas na área experimental Serra da Onç, passando pelas seguintes determinações:

- Análise granulométrica - método da pipeta; densidade de solo, usando o anel volumétrico e densidade de partículas - método do balão volumétrico (KIEHL, 1979). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP

- Resistência mecânica a penetração: foram tomadas diretamente no campo, utilizando-se um penetrômetro mecânico.

#### **4.4.2. Análise da variabilidade espacial do solo a resistência à penetração**

Tomando como parâmetro preliminar as análises físicas obtidas de acordo com os aspectos metodológicos envolvidos no item anterior procedeu-se a avaliação da variabilidade espacial do solo a resistência à penetração. Esta análise foi utilizada para definir as áreas críticas a serem escarificadas. A metodologia utilizada foi proposta por a (SILVA, 2000). Para a determinação da resistência a penetração na profundidade de 0 a 25 cm, foi utilizado um penetrógrafo tipo Stiboka, produzido pela Eijkelkamp, com penetração máxima de 60 cm com cone padrão. O software de

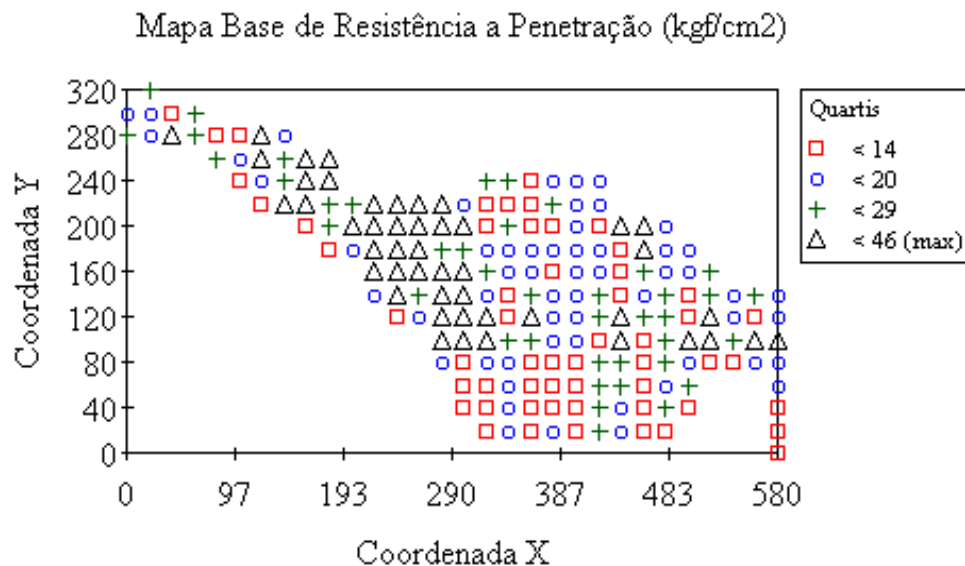


análise geostatístico utilizado foi GS+ for Windows. A variável resistência a penetração foi analisada por meio de estudos geostatísticos referente a variografia, ajuste de modelos e interpolação.

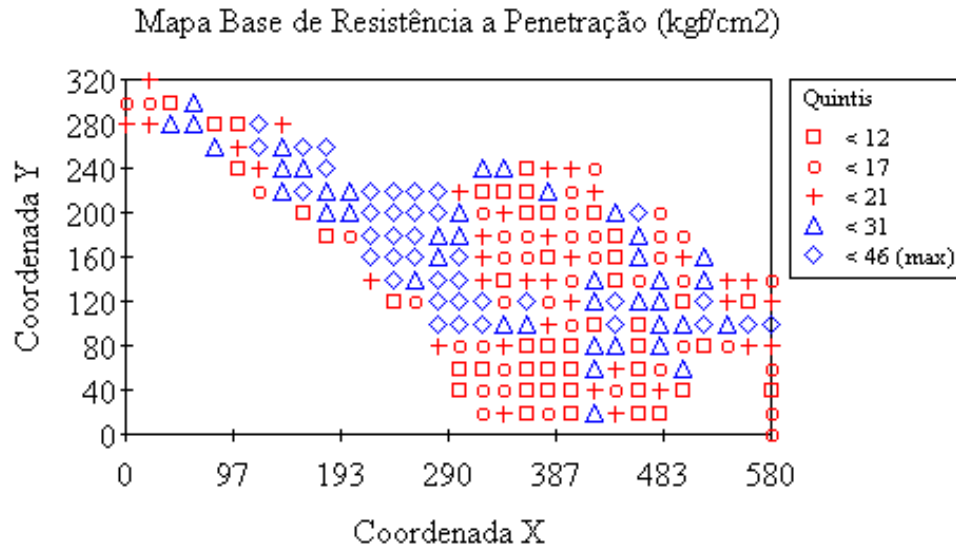
**TABELA 2 -Limites de classes de resistência de solos à penetração e graus de limitação ao crescimento das raízes(adaptada de CANARACHE, 1990)**

<i>Classes</i>	<i>Limites (kgf.cm<sup>-2</sup>)</i>	<i>Limitação ao crescimento das raízes</i>
Muito baixa	< 11	Sem limitação
Baixa	11-25	Pouca limitação
Média	26-50	Algumas limitações
Alta	51-100	Sérias limitações
Muito alta	101-150	Raízes praticamente não crescem
Extremamente alta	> 150	Raízes não crescem

Os dados foram coletados em pontos equidistantes de 20 m, formando uma malha regular disforme (FIGURAS 27 e 28) com a umidade do solo-substrato variando de 18,04% a 22,06%. O total da área levantada dentro da malha foi de 6,15 ha.



**FIGURA 27 - Mapa base de resistência a penetração do solo com seus valores críticos (quartis)**



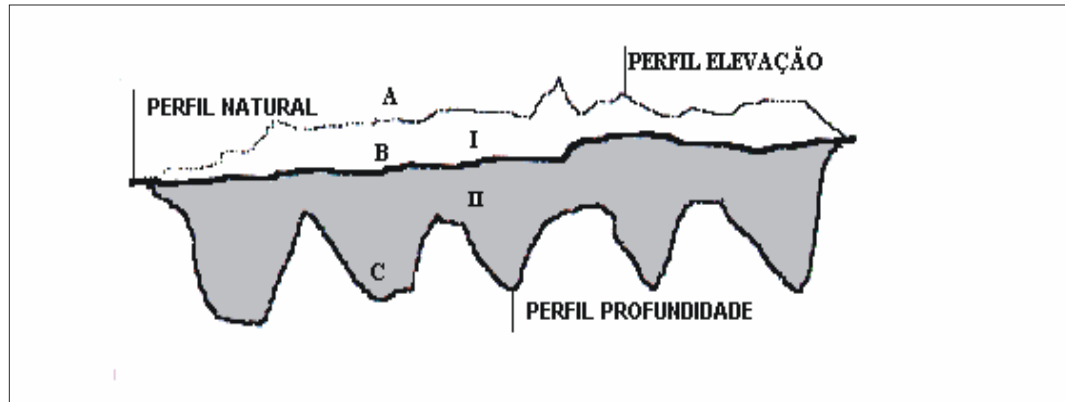
**FIGURA 28 - Mapa base de resistência a penetração do solo com seus valores críticos (quintis)**

#### **4.4.3. Avaliação das áreas de piso de lavra após a mobilização superficial**

Com o emprego de um perfilômetro mecânico foram levantados os três perfis básicos de influência da mobilização do piso de cava na área experimental Serra da Onça, e também o empolamento do material:

- Perfil natural antes do preparo da superfície;
- Perfil de elevação após o preparo do solo;
- Perfil de profundidade do fundo do sulco.

O empolamento e as áreas de influência são apresentados na FIGURA 29.



**FIGURA 29 - Esquema de avaliação do solo mobilizado**

Nesta figura estão representadas:

A - Perfil da superfície após o preparo do solo (elevação) [cm],

B - Perfil antes do preparo (natural) [cm],

C - Perfil do fundo do sulco (profundidade) [cm],

I Área de elevação do solo [cm<sup>2</sup>],

II Área mobilizada do solo [cm<sup>2</sup>],

$$\text{Empolamento} = \frac{I}{II} * 100 \quad [\%], \quad (12)$$

#### 4.4.3.1. Índice de rugosidade do solo

O índice de rugosidade do solo foi calculado pela expressão proposta por (ALLMARAS et al. 1966).

$$\sigma_y = \sigma_x \bar{h} \quad [\text{mm}], \quad (13)$$

Onde:

$\sigma_y$  - estimativa da rugosidade representada pelo erro padrão entre as alturas;

$\sigma_x$  - erro padrão entre os logaritmos das leituras de elevações

$\bar{h}$  - altura média das leituras de elevações

#### 4.4.3.2. Avaliação da desagregação do substrato piso de lavra na camada mobilizada

Para esta avaliação foi utilizada a metodologia descrita e proposta por GAMERO & BENEZ (1990), onde o parâmetro para avaliar a desagregação da camada do substrato piso de lavra foi o diâmetro médio geométrico dos agregados no solo (DMG), como exhibe a equação(14):

$$DMG = anti \log \left[ \frac{\sum_{i=1}^n w_i * \log d_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right] \quad [\text{mm}] \quad (14)$$

DMG - diâmetro médio geométrico dos agregados do solo [mm],

$W_i$  - massa de agregados retida em cada classe de tamanho [g]

$d_i$  diâmetro médio da classe [mm],

n - número da classe de agregados,

#### 4.5. Avaliação do crescimento de leguminosas nas áreas mobilizadas de rejeito e piso de lavra

Na exploração mineral de uma superfície ocorrem duas situações locais para se revegetar: uma relativa à retirada de material, originando as cavas, e outra concernente ao rejeito do material que sofreu o processo de mineração, ou seja, material lavrado. Sendo assim, avaliou-se a importância da mobilização do solo na implantação da estratégia de colocação de um tapete verde

de leguminosas nas áreas. Depois de inúmeros ensaios em casa de vegetação e no campo, selecionaram-se quatro espécies de leguminosas que apresentaram bom desenvolvimento e boa produção de matéria seca nestes sistemas degradados: *Crotalaria juncea* (crotalária), *Canavalia ensiformis* (feijão de porco), *Cajanus cajan* (Feijão guandu) e *Mucuna aterrima* (mucuna preta).

Estas espécies foram plantadas juntamente, na forma de um coquetel de sementes, sendo as principais características de cada uma apresentadas a seguir (WUTKE, 1993).

- *Crotalaria juncea* (crotalária): é uma planta anual, ereta, arbustiva, de crescimento determinado, apresentando germinação e desenvolvimento inicial muito rápidos. A fixação de nitrogênio por esta cultura, segundo diversas fontes, é de 150-165 Kg/ha/ano. Em geral, as plantas produzem 30 t de fitomassa verde (cerca de 10 a 15 t de fitomassa seca), as quais correspondem a 41 e 217 Kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

- *Canavalia ensiformis* (feijão de porco): é uma espécie anual, ereta, herbácea, apresentando crescimento inicial lento, resistência a temperaturas elevadas, tolerância a sombreamento parcial e adaptadas a solos pobres em fósforo. Fixa 57 a 190 Kg de nitrogênio/ha/ano e aos 110 dias suas raízes atingem até 3,0 metros de profundidade no solo, sendo que aproximadamente 73% de seu peso estão a 0,30 m da superfície. O manejo das plantas é similar ao da *C. juncea*, aos 100 a 120 dias, época da floração plena.

- *Cajanus cajan* (Feijão guandu): planta semi-perene, arbustiva, de crescimento determinado e também indeterminado, bastante rústica. Seu crescimento inicial é lento e seu ciclo até a colheita de grãos é de 240-270 dias. Seu sistema radicular é vigoroso e bem desenvolvido em profundidade, conferindo-lhe resistência a períodos prolongados de seca. Fixa de 41 até 280 Kg N/ha/ano, sendo considerada também uma espécie mobilizadora de nutrientes e recuperadora de solos depauperados, devendo, nesse caso, ocupa-los por três a quatro anos. Os cortes de plantas a uma altura superior a 50 cm da superfície do solo produzem de 8 a 12 t de fitomassa seca/ha. Em termos percentuais sua fitomassa seca apresenta 2,61 de N; 0,14 de P, 2,61 de K, 1,79 de Ca e 0,49 de Mg.

- *Mucuna aterrima* (mucuna preta): é uma planta anual, herbácea, rasteira, vigorosa, com ramos trepadores vigorosos e bem desenvolvidos (podem atingir até 6 m de extensão lateral). Seu ciclo é longo, apresentando cerca de 140 a 150 dias até a floração e 200 a 240 dias até a colheita das

vagens. Produz aproximadamente 35 t de fitomassa verde/ha, 6 a 8 t de fitomassa seca/ha. Fixa aproximadamente 120 a 157 Kg de N/ha/ano.

O planejamento estatístico foi efetuado mediante a análise de dados emparelhados, uma vez que se procurou minimizar a quantidade de operações para o manejo do solo/substrato. Após coleta dos dados, construíram-se tabelas com as amostras e seus desvios ( $D_i$ ), sendo calculados as seguintes estatísticas:

$$\text{Média: } \bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad [\text{g/m}^2] \quad (15)$$

$$\text{Desvio Padrão: } S_0 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n D_i^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n D_i \right)^2}{n} \right]} \quad [\text{g/m}^2] \quad (16)$$

Considerando o maior interesse pré estabelecido como sendo a eficiência positiva da mobilização no local foram utilizados os seguintes testes ( $\alpha=5\%$ ):

$$H_0: \mu_D = D_0$$

$$H_1: \mu_D \geq D_0 \quad \text{Unilateral}$$

A estatística utilizada para o teste está representada na expressão (17):

$$t_c = \frac{\bar{D} - D_0}{\frac{S_0}{\sqrt{n}}} \quad (17)$$

#### **4.6. Avaliação da biomassa microbiana, atividade da desidrogenase e ciclagem de nutrientes após a incorporação da adubação verde.**

Estas avaliações foram efetuadas como parâmetros biológicos para análise da eficiência das operações e as estratégias de recuperação. As amostras foram analisadas no Laboratório de Biogeoquímica da UNESP-Jaboticabal. As análises de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana foram realizadas de acordo como o método proposto por (VANCE et al. 1987). A atividade da desidrogenase foi determinada pelo método descrito em (BREMMER E KEENEY, 1985). Para determinação do teor de N-total foi utilizado o método Kjeldahl e o S-sulfato pelo método do turbidimétrico (VITTI, 1989). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância ( $P < 0,05$ ) e, nos casos em que o teste F se mostrou significativo, aplicou-se o teste Tukey para a comparação das médias (BANZATTO & KRONKA, 1992). Antes do plantio foi realizada uma escarificação no piso de lavra, seguida da aplicação de 2 ton/ha de calcário dolomítico e posterior gradagem em ambas as situações. Para o plantio foram utilizados 450 Kg/ha de NPK 10-10-10 e 80Kg/ha de sementes de um coquetel das leguminosas. Nas áreas onde houve o replantio o material orgânico em superfície foi incorporado por ocasião da gradagem, como mostra a FIGURA 30.



**FIGURA 30 - Incorporação do material orgânico em superfície**

O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado, contado com 7 tratamentos (nos locais onde houve o plantio) e 5 (onde ainda não houve) e 4 repetições. Os tratamentos foram assim designados: T1 = piso de lavra com plantio de um ano; T2 = piso de lavra com plantio de dois anos; T3 = piso de lavra com plantio de três anos; T4 = rejeito com plantio de um ano; T5 = solo de mata; T6 = piso de lavra sem plantio e T7 = rejeito sem plantio. Na área de deposição de rejeito houve apenas um plantio.

As amostras de solo foram coletadas com o auxílio de um trado, na área denominada de Serra da Onça, localizada nas coordenadas UTM zona 20 496.721E e 8.987.202N, na camada de 0-20 cm, em cada situação descrita foram coletadas 4 amostras. As amostras para as análises biológicas foram acondicionadas em gelo até o momento das análises.

As plantas foram amostradas aos 90 dias após a semeadura. Coletou-se toda a parte aérea em 1 x 1 metro, na mata foi coletada a serrapilheira. As amostras foram armazenadas em sacos de papel, separadamente, sendo levadas ao laboratório, lavadas em solução de detergente líquido, água de torneira e água desionizada. Depois de lavadas foram levadas a uma estufa com circulação forçada de ar e mantidas a 60-70°C, até obtenção de peso constante. Após esta etapa, o material foi



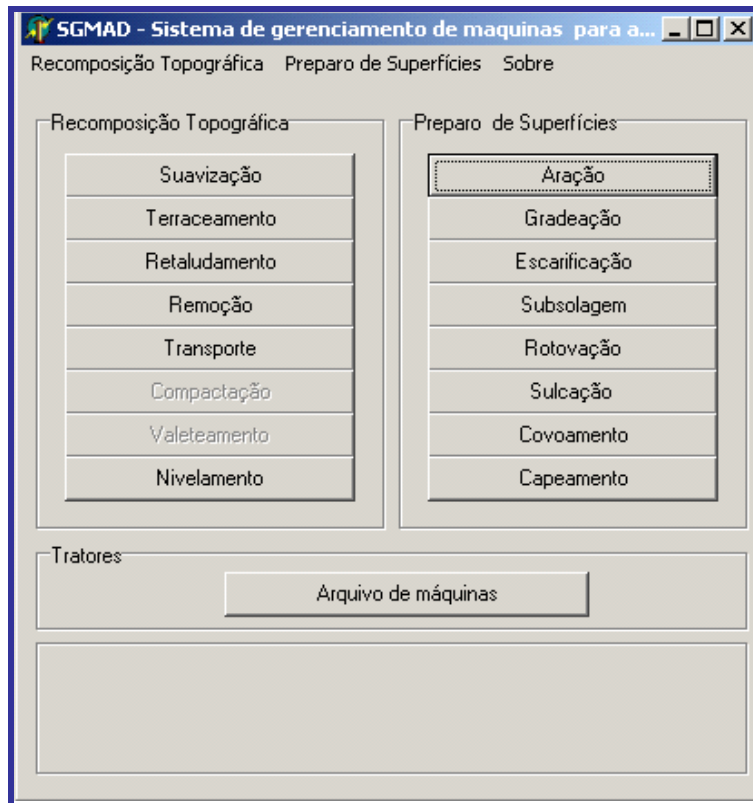
moído em moinho tipo Willey com peneira de 40 mesh e armazenado em saquinhos de papel até o momento das análises.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1. Desenvolvimento e utilização do software**

O SGMAD (**Sistema de gerenciamento de máquinas para áreas degradadas**) consta-se de um programa computacional criado com a finalidade de auxiliar no gerenciamento de máquinas que atuam na recuperação de áreas degradadas pela atividade mineradora. O programa computacional auxilia simulando o desempenho operacional e os custos das diversas operações necessárias para a recuperação de uma área degradada. Este programa possui um banco de dados com as operações e as máquinas necessárias no trabalho. O usuário poderá simular uma operação com diversos modelos de máquinas e optar pelo que trazer o melhor benefício.

As operações estão divididas em duas categorias: **Recomposição Topográfica** e **Preparo de Superfícies**. Cada uma destas categorias possui oito operações e dentro de cada operação estão indicados às máquinas que podem ser utilizadas para a realização dos trabalhos, paralelamente a um banco de dados de máquinas. A FIGURA 31 mostra a tela de entrada do programa.



**FIGURA 31 – Tela de entrada**

Nesta FIGURA 31 é possível visualizar os dois grupos em que estão divididas as operações e as operações pertencentes a cada grupo. Cada uma das 16 operações está indicada em um botão que serve de entrada para outros formulários, porém os botões que estão no grupo de tratores servem apenas para inserir, excluir ou editar um modelo no banco de dados existente. Esse banco de dados de tratores é utilizado nas operações que exigem um trator para tracionar algum implemento.

Quando, por exemplo, o usuário aciona o botão “Aração”, a tela que se abrirá é representada na FIGURA 32.

**FIGURA 32 - Tela para simulação de uma aração**

Nessa tela estão indicados os equipamentos que podem ser utilizados nesta operação, que são: Arado de aiveca, Arado de disco e Grade aradora. Após selecionar o equipamento desejado, o usuário deverá selecionar o fabricante e depois o modelo do equipamento. Selecionada a máquina e modelo do equipamento, passa-se, então, para uma análise capacidade operacional do equipamento. De acordo com o equipamento pode-se obter a capacidade de campo efetiva do mesmo, ou seja, quantos hectares por hora a operação está requerendo, ou sua produção ( $m^3/h$ ).

Nesta análise algumas entradas são realizadas pelo usuário e outras são obtidas a partir do banco de dados. Uma característica deste programa refere-se à condição de não possuir uma rotina de adequação trator-implemento. Esta limitação pode ser parcialmente corrigida usando a opção de potência tratora, fornecida pela fabricante em seus catálogos.

Com esta etapa concluída, passa-se então para uma análise dos custos da operação, estes custos são divididos em duas categorias, custos fixos e variáveis. Nos casos onde se faz necessário a utilização de um trator para tracionar o implemento, os custos são calculados da seguinte forma,

primeiramente os custos do implemento e, em seguida, os custos do trator. Nas FIGURAS 33 e 34 pode se visualizar as telas para a análise dos custos do implemento e do trator.

The screenshot displays the 'Custo Implemento' window with the following data and controls:

Custo Fixo	
Depreciação	
Vida útil da máquina [h]	2500
Juros de Mercado [%]	9
Horas de utilização anual	200
Valor de aquisição [ \$ ]	6800
Valor residual [ \$ ]	886,04
Taxa de Retorno do Capital [ \$ ]	4,43
% Custo-hora de alojamento do maquinário (0.5 a 1% VA)	0,5
Encargos e seguros (1 a 3% VA)	1
<b>Custo Fixo \$ 4,94</b>	

Custo variável	
Horas de utilização anual [h]	200
Valor de Aquisição [ \$ ]	6800
<b>Custo Variável \$ 3,26</b>	

**Custo Implemento [ \$ /h ] 8,20**

Buttons: Selecionar Trator, Refresh

FIGURA 33 - Tela de análise dos custos do implemento.

**Cálculo de Custo - Trator**

Custo Fixo		Custo variável	
Depreciação		Consumo horário de combustível	
Vida útil da máquina [h]	12000	Preço do combustível [\$]	1,6
Horas de utilização anual	1000	Carga no motor	Média
Juros de Mercado [%]	9	Potência nominal [HP]	100
Valor de aquisição [\$]	100000		
Valor residual [\$]	13850,66	Consumo [L/h]	12,55
Taxa de Retorno do Capital [%]	13,28	Custo combustível [\$]	20,09
% Custo-hora de alojamento do maquinário (0,5 a 1% VA)	0,5	Consumo horário de lubrificante	
Encargos e seguros (1 a 3% VA)	1	Preço de lubrificantes [\$]	8,5
		Potência nominal [HP]	100
Custo Fixo	\$ 14,78	Consumo [L/h]	0,08
		Custo do lubrificante [\$]	0,69
		Custo horário de reparação e manutenção	
		Horas de utilização anual [h]	1000
		Valor de Aquisição [\$]	100000
		Horas de vida útil [h]	12000
		Reparo e Manutenção [\$]	2,51
		Custo Variável	\$ 23,29
		Custo Total [ \$/h ]	38,07
		Análise de Custos	

**FIGURA 34 - Tela de análise dos custos do trator.**

Nestas figuras é possível observar os fatores que compõem os custos fixo e variável do implemento e do trator. Estas entradas que compõem o custo fixo são: depreciação, custo de alojamento, encargos e seguros. O custo variável é composto por: consumo de combustível, consumo de lubrificante, e custos de reparo e manutenção. No caso de um equipamento como uma escavo-carregadora, por exemplo, a tela de análise de custos é única, pois esse equipamento não se divide em trator e implemento.

Com a análise dos custos horários realizada volta-se então a tela da operação onde é realizado um resumo da análise. Nesse resumo, chega-se a uma importante informação para a tomada de uma decisão o qual seja: o custo por unidade de serviço trabalhada. Para alguns tipos de máquinas, o serviço é medido por hectare, e em outros casos em metro cúbico trabalhado.

**Aração**

Inserir nova máquina    Relatório auxiliar    Fechar

Máquinas para aração

Arado de aiveca

Arado de discos

Grade pesada

Escolha o fabricante

Marchesan

ATCR-28x28"

GA-12x26"

GA-14x26"

GA-16x26"

Características:

Fabricante    **Marchesan**

Modelo    **GA-14x26"**

Largura de corte [m]    **2**

Potência requerida [HP]    **70/75**

Análise de produção

Velocidade do conjunto [Km/h]    2,5

Largura de Corte [m]    2

Coefficiente de operação    0,75

Capacidade Calculada    **0,38**

Capacidade de campo efetiva [ha/h]

Análise de custos

Análise do custo médio de operação

Custo Fixo Implemento	[\$/h]	<b>4,94</b>	Custo Fixo Trator	[\$/h]	<b>14,78</b>
Custo Variável Implemento	[\$/h]	<b>3,26</b>	Custo Variável Trator	[\$/h]	<b>23,29</b>
Custo Implemento	[\$/h]	<b>8,20</b>	Custo do Trator	[\$/h]	<b>38,07</b>
			Custo horário total	[\$/h]	<b>46,27</b>

Análise

**CUSTO OPERACIONAL [\$/ha]    121,76**

**FIGURA 35 – Tela de apresentação final**

Na FIGURA 35 é possível observar como ficaram dispostos os dados na análise do custo médio de operação. Para todas as outras operações a seqüência de cálculo será sempre a mesma, seguindo um dos objetivos deste programa computacional, que é a facilidade e simplicidade em sua utilização.

Pela FIGURA 36 observa-se o relatório final da operação, no qual estão contidas as informações básicas para se fazer planejamento e comparação dos diferentes maquinários. Os relatórios de saída de cada operação encontram-se no ANEXO 3.







**TABELA 3 – Dados específicos para análise de custos**

<i>Entradas do Programa</i>	<i>Retro 225</i>	<i>D6D</i>	<i>Caminhão</i>	<i>Pá W20</i>	<i>Trator</i>	<i>Grade</i>
<i>Largura [m]</i>		3,2		1,53		2
<i>Vida útil operacional [h]</i>	12000	12000	10000	12000	12000	2500
<i>Horas de utilização anual</i>	2000	2000	2000	2000	2000	200
<i>Custo de aquisição [R\$]</i>	250000,00	440000,00	250000,00	225000,00	95000,00	6500,00
<i>Potencia no motor [Hp]</i>	135	140	350	160	95	0
<i>Carga no motor</i>	Média	Média	Média	Média	Média	0
<i>Preço do óleo [R\$/L]</i>	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
<i>Preço do lubrificante [R\$/L]</i>	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
<i>Seguro e alojamento [%]</i>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Juro anual [%]</i>	9	9	9	9	9	9
<i>Mão de obra [R\$/h]</i>	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

A necessidade de produção diária e também a quantidade de máquinas para recomposição topográfica podem ser observadas pela TABELA 4. Nessas condições, o programa SGMAD foi utilizado para análise da produção dos equipamentos e determinação do número de conjuntos.

**TABELA 4 – Necessidade de produção diária [recomposição topográfica]**

<i>Operações</i>	<i>Período</i>	<i>Dias aptos</i>	<i>Volume [m<sup>3</sup>]</i>	<i>Produção [m<sup>3</sup>/h]</i>	<i>Volume m<sup>3</sup>/ dia</i>	<i>Cap.Máq. [m<sup>3</sup>/dia]</i>	<i>N<sup>o</sup>Conjuntos dia</i>
<i>Suavização</i>	22/09 a 03/10	9	6000	86,25	667	690,0	0,96
<i>Retaludamento</i>	15/09 a 19/09	4	1100	32,47	275	260	1,06
<i>Remoção</i>	13/10 a 19/10	7	2200	40,59	314	325	0,96
<i>Terraceamento</i>	20/10 a 24/10	2	4000	352,80	2000	2822,4	0,71
<i>Transporte</i>	20/10 a 24/10	5	2000	62,25	400	498	0,80

A TABELA 5 apresenta os resultados finais da análise de custos nas áreas trabalhadas para recomposição topográfica. A operação de suavização da superfície foi a que apresentou maior custo total, sendo a operação retaludamento o maior custo operacional por m<sup>3</sup>, seguido do transporte de solos/substrato que apresentou o maior custo horário.

**TABELA 5 - Máquinas e fabricantes [recomposição topográfica]**

<i>Trator</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Modelo</i>	<i>Operação</i>	<i>Custo Op. R\$/horas</i>	<i>Custo Op. R\$/m<sup>3</sup></i>	<i>Custo Total.R\$</i>
D6D	Lâmina reta Tiltadozer	6S reta Cat	Suavização	77,79	0,90	5400,00
Escavadora Cat		225 Retro	Retaludamento	58,28	1,79	1969,00
Escavadora Cat		225 Retro	Remoção	58,28	1,44	3168,00
D6D	Lâmina reta Tiltadozer	6S reta Cat	Terraceamento	77,79	0,22	880,00
Caminhão Mercedes		1935	Transporte	106,71	1,71	3420,00

A capacidade operacional efetiva e também a quantidade de máquinas para mobilização dos solo/substrato pode ser observadas pela TABELA 6. Nessas condições, o programa SGMAD foi utilizado para análise operacional dos equipamentos. Considerando as características de cada operação, observa-se que as áreas são pequenas, porém a intensidade da degradação alta, exigindo aplicação de diferentes maquinários. Esta condição esta de acordo com as afirmações descritas por (LONGO et al. 2005)

**TABELA 6 – Capacidade operacional [mobilização superficial]**

<i>Operações</i>	<i>Período</i>	<i>Dias aptos</i>	<i>Área [ha]</i>	<i>Cap.Campo [ha/h]</i>	<i>Área dia</i>	<i>Cap.Máq [ha/dia]</i>	<i>N<sup>o</sup>Conjuntos dia</i>
<i>Subsolagem</i>	13/10 a 17/10	3	7	0,38	2,3	3,04	0,76
<i>Gradeação</i>	13/10 a 17/09	4	12,5	0,45	3,13	3,60	0,87
<i>Covoamento</i>	03/11 a 14/11	10	8	0,10	0,80	0,80	1,00
<i>Capeamento</i>	20/10 a 24/10	4	2,5	0,075	0,63	0,6	1,05

A TABELA 7 apresenta os resultados finais da análise de custos nas áreas trabalhadas para a mobilização superficial das áreas. A operação de covoamento da superfície foi a que apresentou maior custo total. Este fator está associado a baixa capacidade operacional efetiva do perfurador de solos. A operação de capeamento do solos/substrato apresentou o custo mais elevado por área, fator este também associado com a baixa capacidade operacional. Esta operação finaliza a estratégia de revestimento do solo, e nunca é executada isoladamente precedendo as operações de armazenamento, remoção, transporte.

**TABELA 7 – Máquinas, modelo e estimativa de desempenho [mobilização superficial]**

<i>Trator</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Modelo</i>	<i>Operação</i>	<i>Custo Op. R\$/horas</i>	<i>Custo Op. R\$/ha</i>	<i>Custo Total .R\$</i>
D6D	Ríper	Nº 6 Paral. Cat	Escarificação	77,79	204,71	1432,97
Valmet 985	Grade aradora	“GA-14X26”	Gradeação	43,13	95,84	1198,00
Valmet 985	Perfurador	PS Tatu	Covoamento	42,02	420,20	3361,60
Pá carregadora Case		W200	Capeamento	51,85	864,20	2160,50

## **5.2. Análise da avaliação do preparo superficial das áreas**

### **5.2.1 Caracterização química das áreas experimentais**

Nas Tabelas 8, 9 e 10 estão distribuídos as análises químicas das áreas de: Serra da Onça, e 14 de abril. Os números representam a média de quatro repetições, referentes a amostras compostas (8 amostras simples), retiradas em cada uma das áreas amostradas.

Os valores de pH têm sido amplamente utilizados como um importante indicador da acidez de um substrato para fins de revegetação. A sua determinação permite que sejam feitas inferências igualmente importantes para avaliar a disponibilidade de nutrientes para os vegetais a serem introduzidos.

Na TABELA 8 estão apresentados alguns valores de pH das amostras retiradas nos substratos degradados dentro da FLONA/Jamari. De maneira geral, os valores encontrados ficaram em torno de 4,0 em todas as áreas amostradas. Em termos de nutrição de plantas, segundo MALAVOLTA et al. (1989), a faixa ideal de pH situa-se em torno de 5,6 a 6,2. Nessa faixa o Al encontra-se precipitado e a maioria dos nutrientes em formas solúveis e, assim, passíveis de serem absorvidos pelas raízes. No entanto, com a evolução dos programas de levantamento de espécies com potencial de áreas degradadas, observada uma ampla de espécies que toleram valores de pH na faixa de 4,2 a 5,0. Assim, nesse caso, se faz necessário o conhecimento de tais espécies, ou então uma correção da acidez do solo através de uma calagem.

TABELA 8 - pH, matéria orgânica, SB, T, V e m

AMOSTRA	pH	M.O.	H+Al	SB	T	V	m
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mmolc.dm <sup>-3</sup>			%	
<b>S. da Onça</b>	4,5	7	1	3,7	14,9	24	33
<b>14 de Abril</b>	4,4	8	8	2,4	20,5	13	58

M.O. = Mat. Orgânica; SB=Soma de Bases; T= Capac de Troca Catiônica; V= Saturação por Bases; m=Saturação por Alumínio

Os resultados mostram teores de matéria orgânica bastante baixos em todas as situações estudadas. Esses resultados eram esperados em se tratando dos processos de envolvidos na mineração como corte, cava, deposição de rejeitos, etc.

A presença de matéria orgânica no sistema segundo MALAVOLTA et al. (1989), é de grande importância para que o solo apresente boas características físicas, químicas e biológicas. Essa importância mostrou-se muito evidente, uma vez que nas áreas onde houve o recobrimento do solo com resíduos ou com horizontes superficiais oriundos de outras áreas, a despeito dos elevados custos que possam ter sido envolvidos, apresentou significativo sucesso.

Pela análise da TABELA 9, pode se observar que em todas as áreas os substratos analisados apresentaram teores muito baixo de fósforo (P) e baixos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K). Desta maneira, faz-se necessária uma adubação para a correção destes teores, permitindo assim que as plantas introduzidas nessas áreas possam ter um adequado desenvolvimento.

TABELA 9 - Macronutrientes

AMOSTRA	P	S-SO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc. dm <sup>-3</sup>		
<b>Serra da Onça</b>	4	31	0,6	2	1
<b>14 de Abril</b>	3	48	0,4	1	1

Os micronutrientes são elementos essenciais ao crescimento vegetal, porém exigidos em quantidades muito pequenas. Outrossim, são prejudiciais quando se encontram nos solos, sob formas assimiláveis, em montantes superiores aos que poderão ser tolerados pelos vegetais. Na

TABELA 10 estão expressos os teores de micronutrientes encontrados nas áreas amostradas e de maneira, estas apresentam sinais de deficiência, com exceção do ferro.

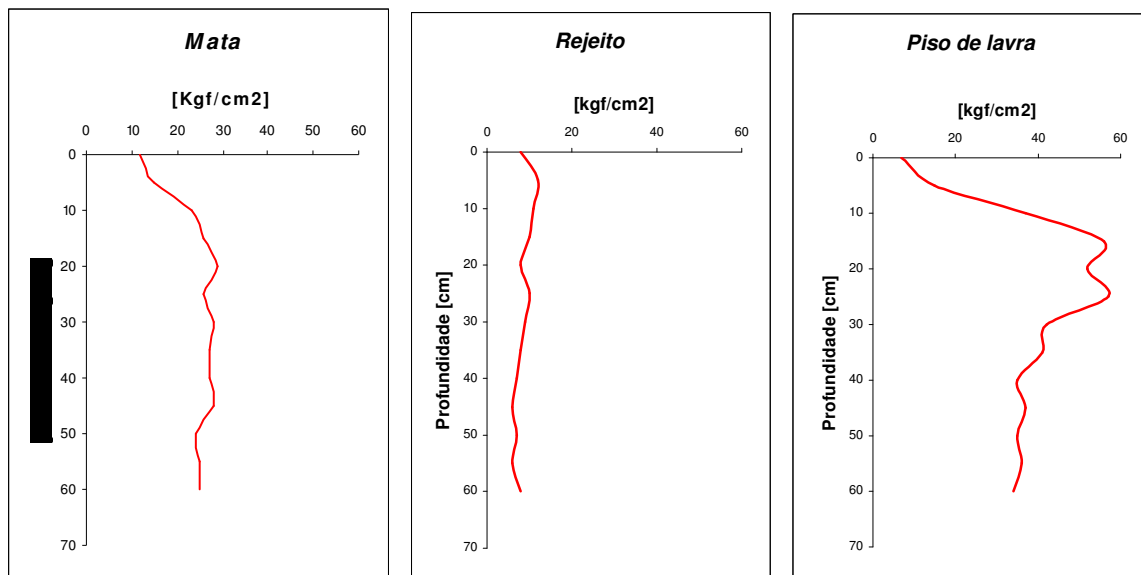
**TABELA 10 - Micronutrientes**

AMOSTRA	B	Cu	Fe mg.dm <sup>-3</sup>	Mn	Zn
<b>Serra da Onça</b>	<b>0,11</b>	<b>0,1</b>	<b>2,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>
<b>14 de Abril</b>	<b>0,39</b>	<b>0,1</b>	<b>6,6</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>

As avaliações dos locais de plantio foram executadas nas áreas de mineração de cassiterita, áreas sem nenhum tratamento químico, basicamente somente plantio de espécies florestais. Este cenário se arrastou ao longo dos últimos nove anos, porém sem utilizar uma metodologia científica definida, sendo empregados vários procedimentos, sem, contudo, submetê-los a uma avaliação técnica. Portanto, não se tem até o momento, um conhecimento técnico, de qual procedimento contribuiu para uma melhor recuperação das áreas.

### **5.2.2 Caracterização física dos substratos**

As curvas de caracterização da resistência mecânica a penetração nos solos/substratos de cada área podem ser observadas por meio da FIGURA 37. Nesta figura pode-se observar uma camada compactada na profundidade de 10-35 cm no piso de lavra. Esta situação compromete a instalação de vegetação futura. A mata apresenta valores de resistência à penetração superior ao rejeito, dada sua condição de ambiente de equilíbrio e estruturação do solo sob a vegetação. A baixa resistência mecânica a penetração no rejeito arenoso está associada a sua ausência de estruturação e sua disposição em camadas tipo aluvial. Esta formação de camadas ocorre dada a deposição de material na operação de lavra. A TABELA 11 apresenta a umidade no instante do ensaio de penetração nas áreas, e também, o coeficiente de variação das amostras coletadas.



**FIGURA 37–** Curvas de resistência mecânica a penetração nos diferentes solos/substratos

**TABELA 11 -** Umidade local, média da resistência a penetração e coeficiente de variação – Serra da Onça.

AMOSTRA	TAMANHO	PROF.	UMIDADE	R. PENETRAÇÃO	C.V
	(n)	(cm)	(%)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(%)
<b>Mata</b>	20	0-10	27	16	54,6
	20	10-20	32	27	61,4
<b>Lavra</b>	20	0-10	26	20	78,9
	20	10-20	28	55	65,2
<b>Rejeito</b>	20	0-10	28	10,3	34,8
	20	10-20	31	9,4	47,8



**TABELA 12 - Características físicas dos substratos – Serra da Onça**

AMOSTRA	Prof.	Areia	Silte	Arg.	D. solo	D. partícula
	(cm)					
<b>Mata</b>	0-10	43	22	35	1,05	2,52
	10-20	42	20	38	1,26	2,51
<b>Lavra</b>	0-10	15	17	68	1,53	2,60
	10-20	18	15	67	1,62	2,60
<b>Rejeito</b>	0-10	70	14	16	1,14	2,70
	10-20	70	12	18	1,02	2,72

### 5.2.3. Variabilidade espacial do solo a resistência à penetração

A TABELA 13 apresenta os resultados referentes a estatística descritiva da variável resistência a penetração (RP).

**TABELA 13 - Estatística descritiva da Resistência a Penetração do solo na profundidade de 0 a 25cm.**

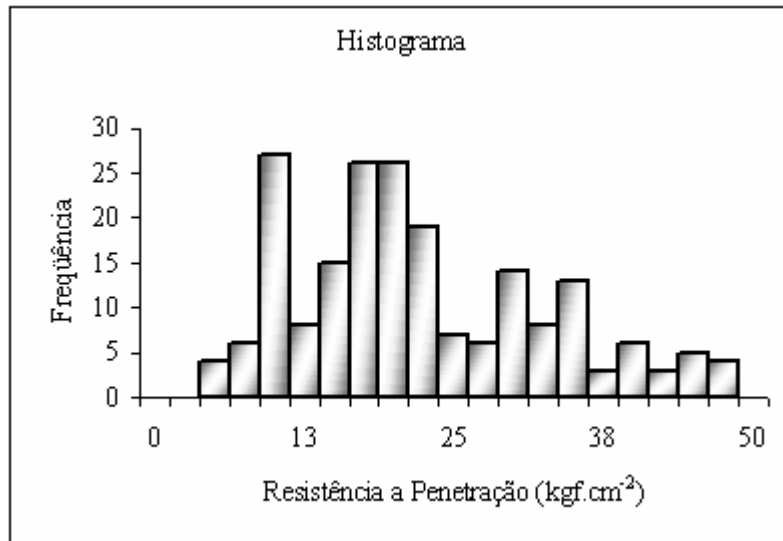
<i>Estatísticas</i>	<i>Resistência a Penetração (kgf.cm<sup>-2</sup>)</i>
Média	21,25
Mediana	20,00
Desvio padrão	10,48
Variância da amostra	109,84
Coeficiente de Variação (%)	49,36

Os valores da média e mediana apresentaram-se dentro da faixa de pouca resistência à penetração que é de 11 a 25 kgf.cm<sup>-2</sup> (TABELA 13), ou seja, os valores que se encontraram acima deste intervalo devem ser submetido a algum tipo de operação, no caso a subsolagem. Já o desvio padrão, e a variância amostral descreveram como a variável está variando entorno da média amostral na área. Entretanto, o coeficiente de variação de 49,36% permite classificar a variável em análise como de média variabilidade de acordo com WARRICK & NIELSEN (1980).

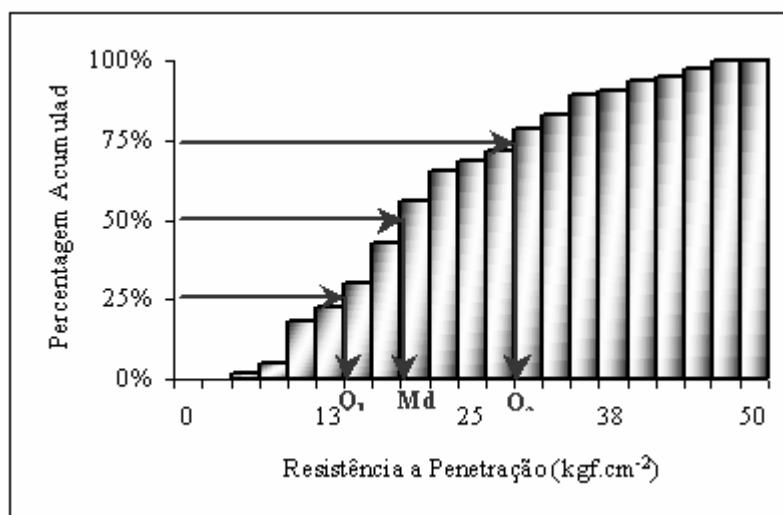
Nas FIGURAS 38 e 39 estão apresentados o histograma de frequência e da percentagem acumulada, que mostram como a resistência à penetração foi distribuída a partir da percentagem

acumulada foi possível identificar como estavam dispostos os valores da mediana em relação a média amostral, já que a mediana corresponde ao ponto divisor de 50% dos dados, quando a frequência acumulada está disposta em ordem crescente no eixo de y.

No gráfico da percentagem acumulada pode-se identificar o quartil inferior a mediana e também o quartil superior, de maneira a coligar o local onde estão dispostos e/ou distribuídos no mapa base os valores maiores ou menores da resistência a penetração no solo.



**FIGURA 38 – Histograma de frequência**



**FIGURA 39 – Histograma de percentagem acumulada**

Em qualquer trabalho estatístico é conveniente estudar qual a distribuição teórica que se ajusta à distribuição observada (distribuição amostral), de modo tal que a partir da distribuição teórica, possam ser feitas inferências em relação à distribuição verdadeira (distribuição populacional). Neste sentido, GUERRA (1988) afirma que, mesmo existindo várias distribuições teóricas de referência, a experiência mostra que diferentes conjuntos de amostras, tendem a se concentrar nas duas mais importantes distribuições teóricas conhecidas, *normal e lognormal*; contudo em trabalhos em que se aplica a geoestatística esta consideração não é tão expressiva.

Utilizando-se do software GS+ for Windows<sup>®</sup> v.5, verificou-se que a direção de 127° com a tolerância de deslocamento 22,5° apresentou uma tendência de estacionaridade da variável. Desta forma, o modelo que apresentou o melhor ajuste, dentre os vários analisados, foi o modelo esférico que tem as seguintes características, (Co = 35,2), patamar (Co + C = 130,3) e alcance (Ao = 128,3m) para o semivariograma anisotrópico. Este modelo revelou-se bastante similar ao modelo omnidirecional que apresentou os seguintes parâmetros: efeito pepita (Co = 50,2), patamar (Co + C = 124,3) e alcance (Ao = 173,6m).

O alcance de dependência espacial no estudo do semivariograma significa a distância máxima que uma variável está correlacionada espacialmente. Na FIGURA 40 estão apresentados os comportamentos dos semivariogramas da variável estudada, com seus alcances respectivos. Neste limite de dependência espacial (TABELA 14), pode-se proceder a amostragem no campo, minimizando, contudo o número das mesmas entre os pontos de resistência mecânica a penetração na área em estudo.

**TABELA 14 - Parâmetros do modelo esférico ajustado ao semivariograma experimental**

Semivariograma	Resistência a Penetração (kgf.cm <sup>-2</sup> )						Modelo
	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> + C	C <sub>1</sub>	Ao (m)	ε	k	
Isotrópico	50,2	124,3	74,1	173,6	0,677	0,596	Esférico
Anisotrópico	35,2	130,3	95,1	128,3	0,340	0,729	Esférico

**Nota:** C<sub>0</sub>= efeito pepita; C<sub>0</sub> + C = patamar; C<sub>1</sub> = variância de dispersão; Ao = alcance de dependência espacial;  $\epsilon = \frac{C_0}{C}$  - efeito pepita relativo de Royle;  $\kappa = \frac{C_0}{C_0+C_1}$  - razão de Journel

Por meio da FIGURA 39, pode-se observar o semivariograma anisotrópico para todas as direções sendo visível às variações da resistência a penetração. Nas FIGURAS 41 e 42 encontram

se os semivariogramas ajustados com seus respectivos modelos, e na TABELA 14 são apresentados os parâmetros de ajustes dos mesmos. SILVA (2002) estudando solos em área de plantio de cana de açúcar encontrou semivariogramas com características diferentes, com comportamento próximo a um fenômeno de efeito pepita puro.

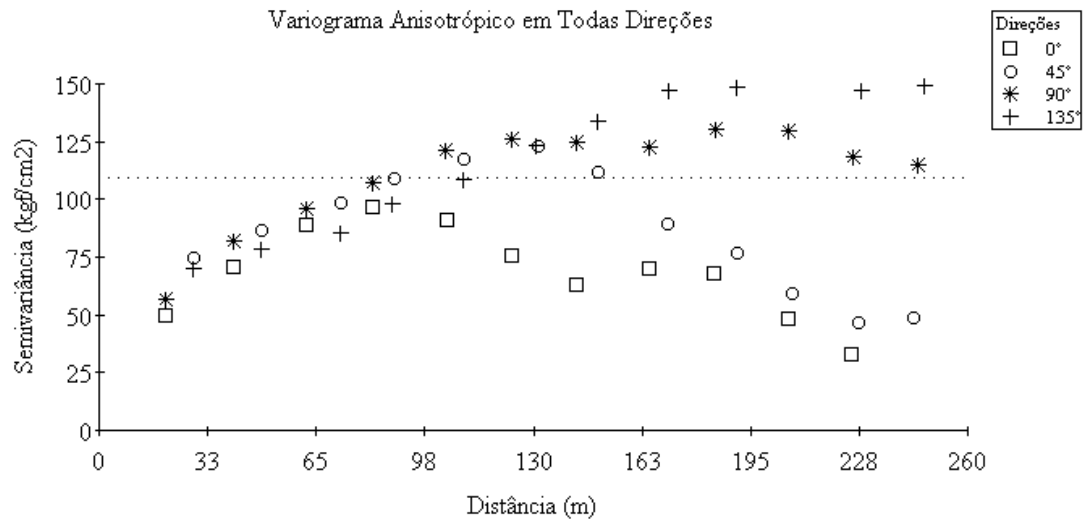


FIGURA 40 - Semivariograma em todas as direções

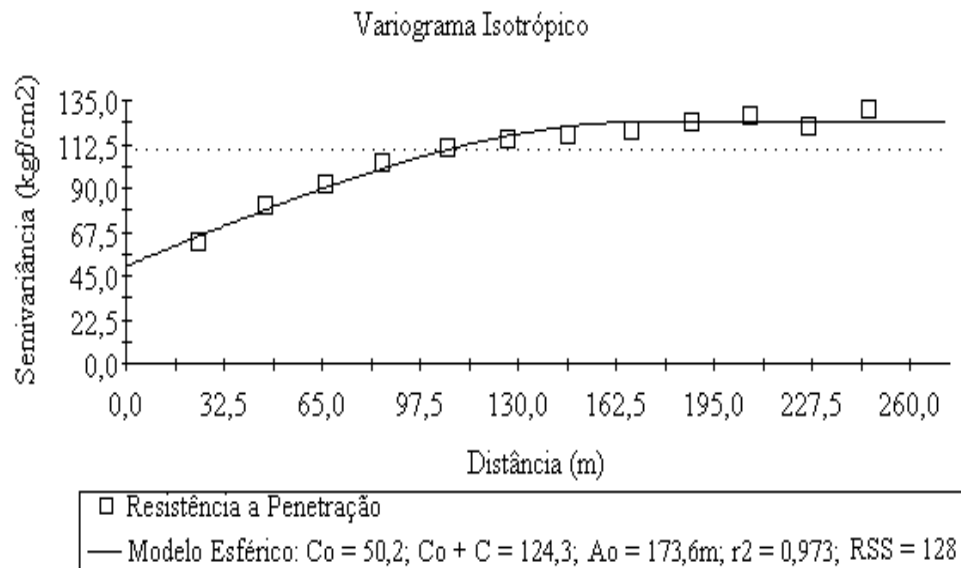
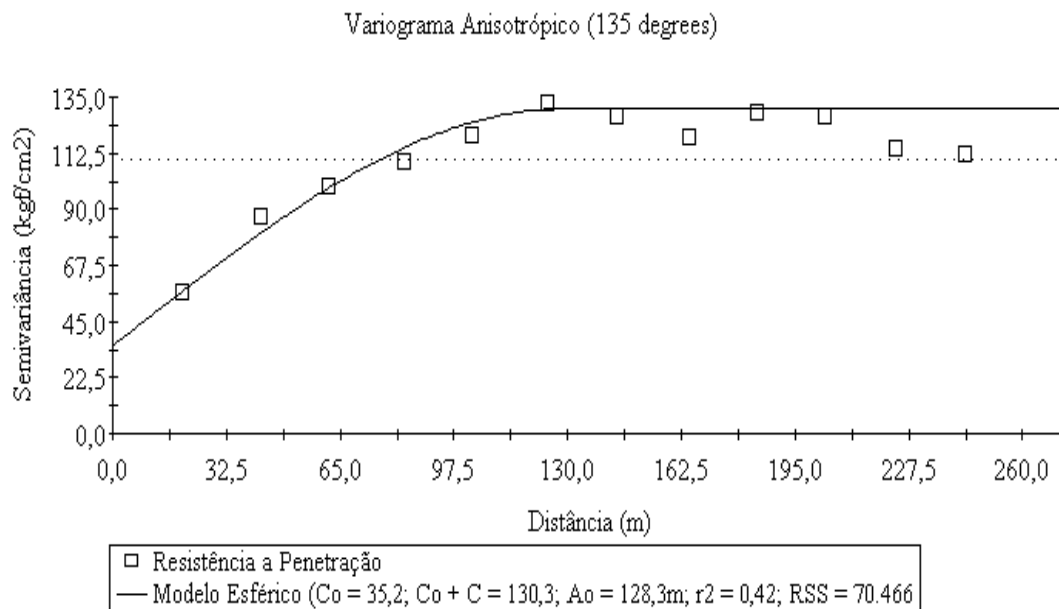


FIGURA 41- Semivariograma isotrópico



**FIGURA 42 – Semivariograma anisotrópico**

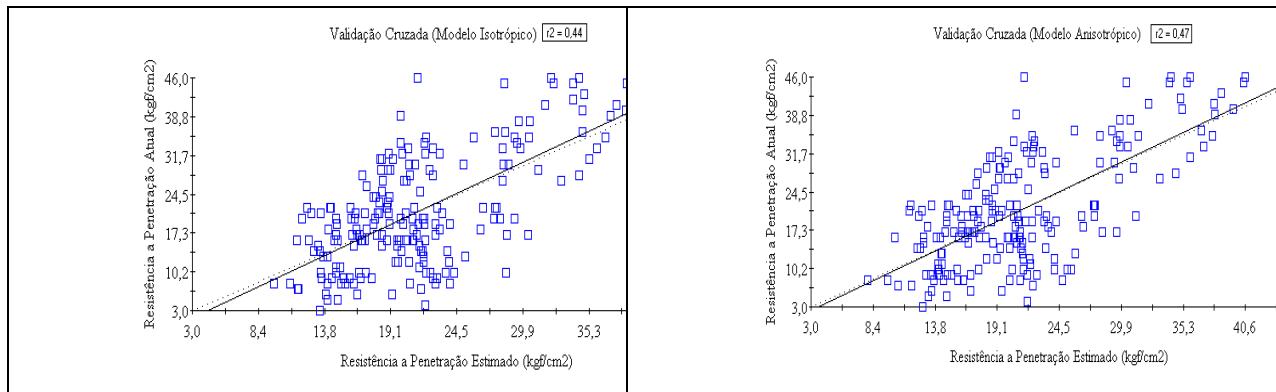
O efeito pepita reflete a variabilidade não explicada ou variações não detectadas pela distância insuficiente da malha de amostragem (CAMBARDELLA *et al.* 1994). Quando expresso como porcentagem da semivariância total (patamar), possibilita melhor comparação entre as variáveis quanto ao grau de dependência espacial (TRANGMAR *et al.* 1985).

De acordo com os critérios propostos por CAMBARDELLA *et al.* (1994) semivariogramas com efeito pepita de  $< 25\%$ , entre  $25$  e  $75\%$  e  $> 75\%$ , são considerados de forte, moderada e fraca dependência espacial, respectivamente.

Os valores do efeito pepita que estão contidos na Tabela 3, expressos de maneira relativa ( $\epsilon = C_0/C$ ), indicam que a resistência à penetração apresenta componente aleatória bastante importante, para o semivariograma isotrópico (0,677) e para o anisotrópico (0,340). Já quando expressos em porcentagem do patamar  $\{[C_0/(C_0+C_1)]*100\}$  indicam que a resistência à penetração de  $72,9\%$  e  $59,6\%$ , apresentam forte dependência espacial, respectivamente para o semivariograma anisotrópico e isotrópico (Figura 6).

Na FIGURA 43 encontram-se os resultados da validação cruzada para semivariograma isotrópico e anisotrópico, respectivamente. Observa-se que muitos pontos foram

subestimados e outros superestimados, ou seja, para um valor crítico de resistência a penetração estimada de  $25,0 \text{kgf.cm}^{-2}$  tem-se um peso real bem pequeno, porém estes valores não causam nenhum problema, no diagnóstico da área, pois a resistência a penetração assume valores críticos na faixa estimada acima de  $25 \text{kgf.cm}^{-2}$ , admitindo uma segurança na tomada de decisão para futura subsolagem da área. Desta forma, nota-se que, mesmo com o coeficiente de correlação baixo (isotrópico  $r^2 = 0,44$ , anisotrópico  $r^2 = 0,46$ ) a interpolação não pode ser invalidada.



**FIGURA 43 - Validação cruzada para o semivariograma isotrópico e anisotrópico, respectivamente**

Nas FIGURAS 44 a 45 são apresentadas às superfícies interpoladas a partir dos modelos ajustados, considerando o semivariograma isotrópico e anisotrópico, respectivamente. Nestas figuras foi possível visualizar com maior detalhe as áreas críticas e as não críticas, no caso acima e abaixo de  $25 \text{kgf.cm}^{-2}$ , que deverão ser trabalhadas para homogeneização da superfície na introdução da revegetação. Ainda, nota-se (FIGURAS 44 e 45) que durante a krigagem foram interpoladas áreas que se afastam dos locais amostrados, porém em ambos os casos, com isotropia e com anisotropia, as áreas críticas são menores.

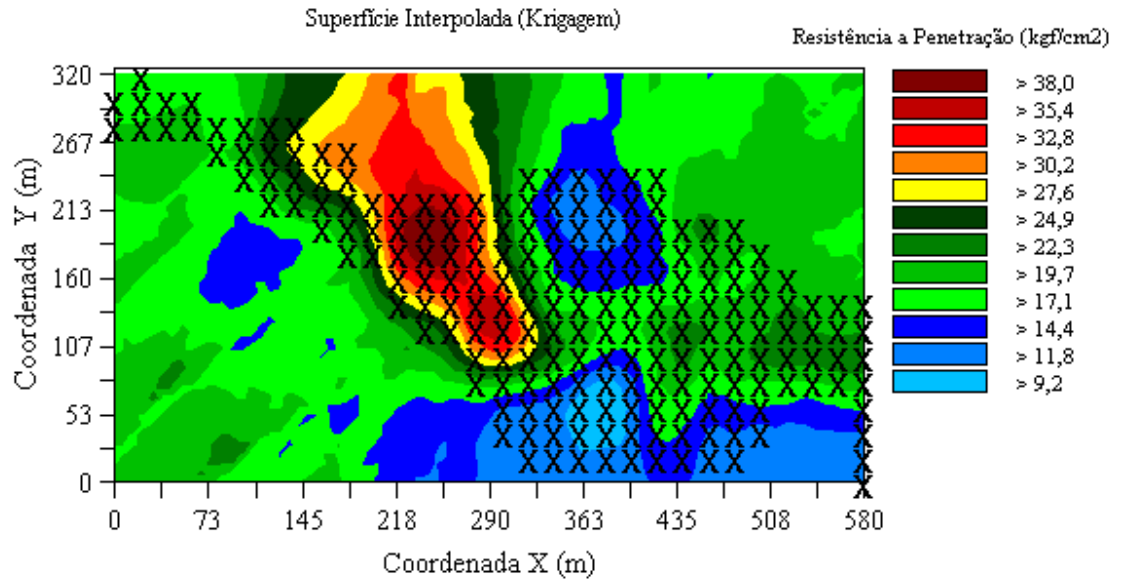


FIGURA 44 - Superfície interpolada para o semivariograma isotrópico

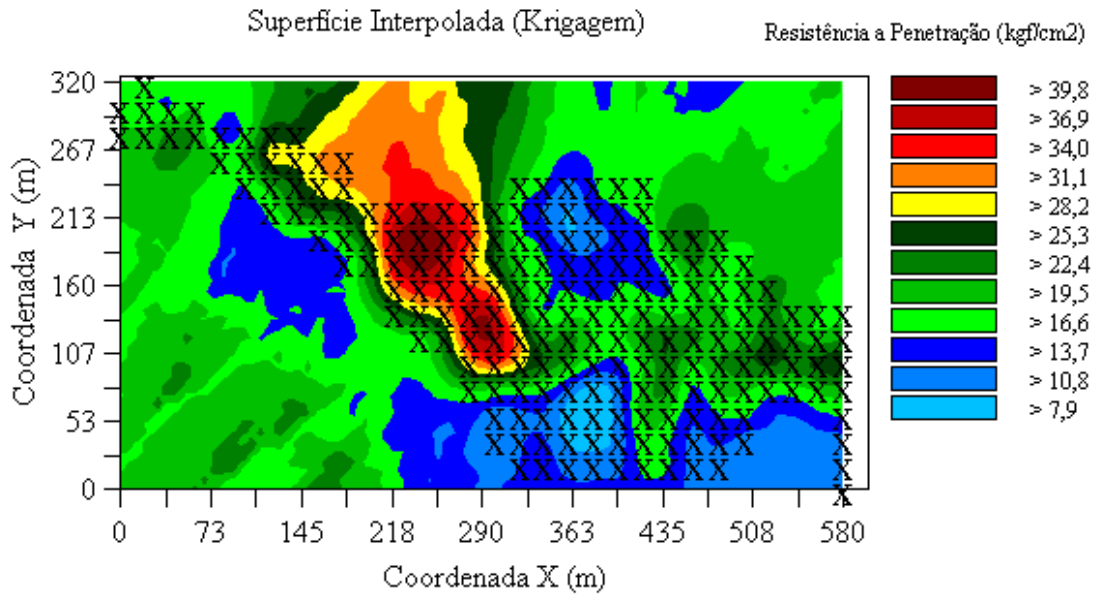


FIGURA 45 - Superfície interpolada para o semivariograma anisotrópico

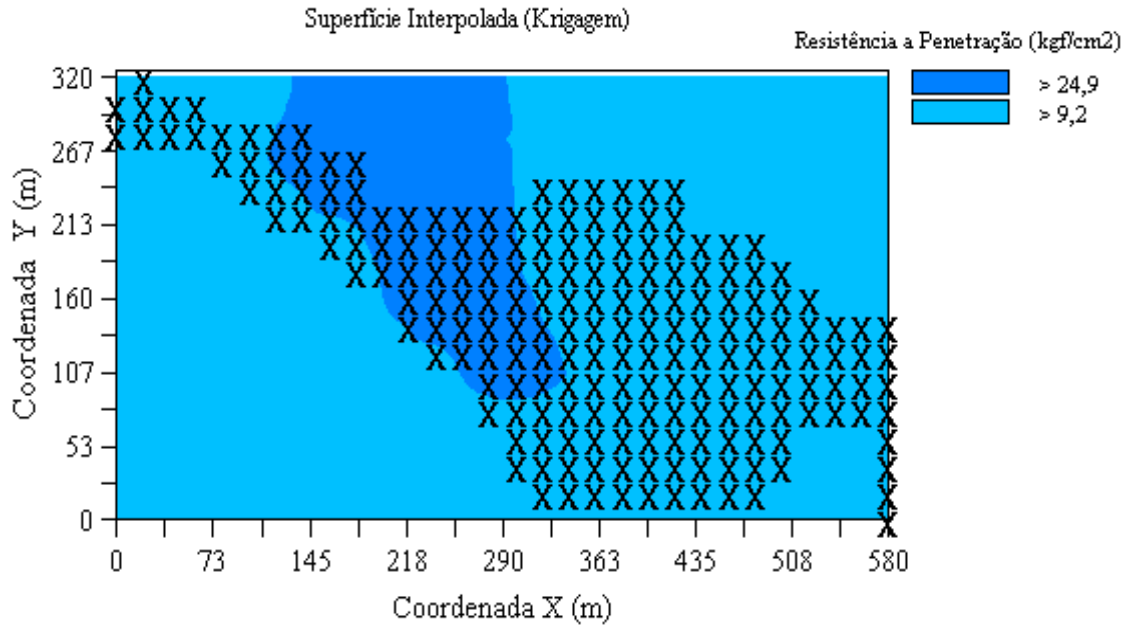


FIGURA 46 - Superfície interpolada para o semivariograma isotrópico

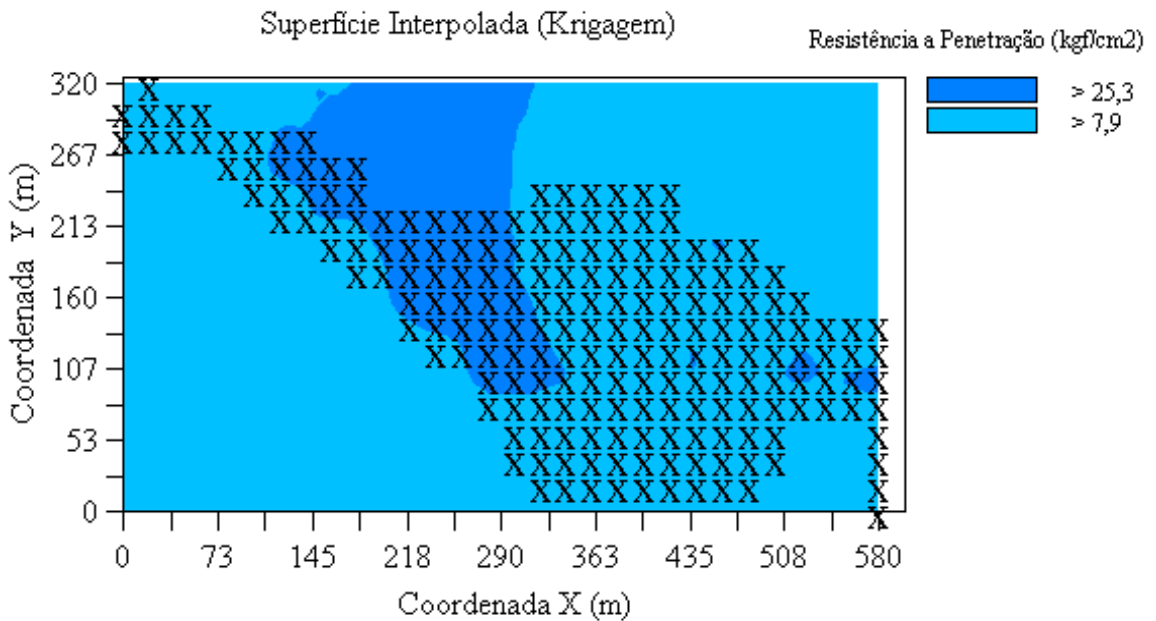


FIGURA 47 - Superfície interpolada para o semivariograma anisotrópico

Analisando a superfície interpolada a partir do modelo anisotrópico (FIGURA 47) podem-se notar áreas distintas com valor maior que o crítico, mas de uma forma geral, os mapas se mostraram bem parecidos, uma vez em que estes procuram uma direção de maior homogeneidade



da variável estudada, nota-se então pouca diferença entre as superfícies. Por esta razão, no caso em estudo, pode-se assumir a interpolação do semivariograma anisotrópico das FIGURAS 45 e 47, uma vez que as superfícies conseguiram mostrar áreas com resistência à penetração mais compatíveis com a realidade local, ou seja, os altos valores revelaram, com bastante fidelidade, a área com maior tráfego de veículos, entre outros. O total de área estimada acima da faixa de resistência crítica de penetração de raízes, para este estudo, corresponde a 1,68 ha, aproximadamente 27% da área total, de acordo com a área escura, correspondente aos valores acima de 25,3 Kgf/cm<sup>2</sup> na FIGURA 47.

#### 5.2.4. Avaliação das áreas de piso de lavra após a mobilização superficial

A penetragrafia antes e depois da subsolagem na área experimental pode ser observada na FIGURA 48. Nota-se que existia uma camada compactada semelhante às encontradas em solos agrícolas sob manejo intenso, no entanto, esta sofreu ruptura com a subsolagem.

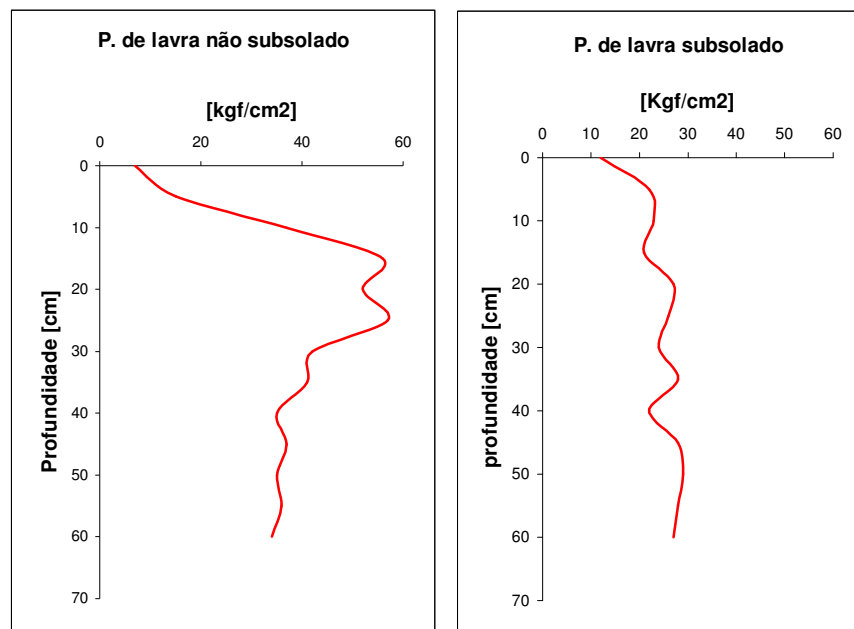
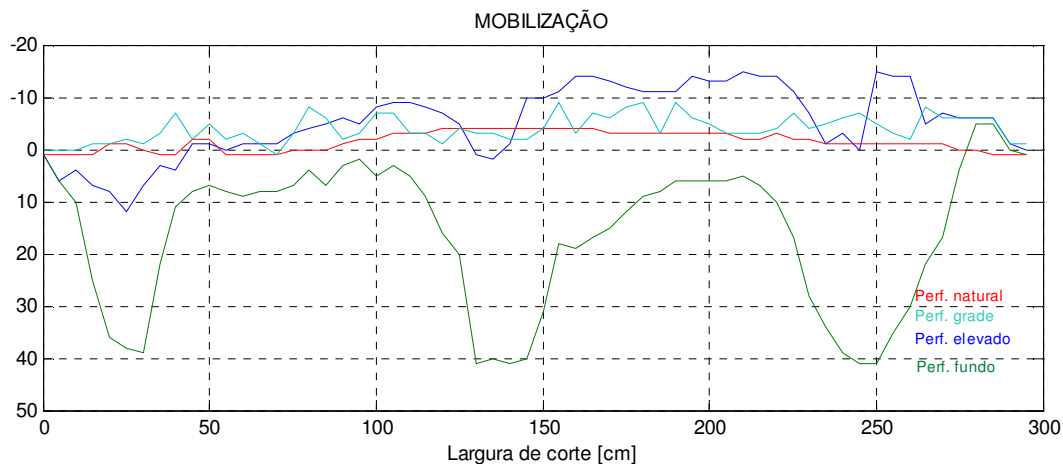


FIGURA 48 - Resistência mecânica a penetração antes e pós subsolagem

Operação semelhante foi executada na recuperação de cascalheiras no Parque Nacional de Brasília por LEITE et al. (1994) no quais os autores concluíram que somente a ruptura da camada

compactada do solo/substrato não foi suficiente para a manutenção da vegetação local. A mobilização do perfil da área de piso de lavra pode ser observada por meio da FIGURA 49.



**FIGURA 49 – Áreas de piso de lavra mobilizadas**

Este tipo de análise é usualmente freqüente na avaliação de máquinas em preparo do solo, onde se procura uma maior mobilização com um menor requerimento energético (MACIEL, 1993). Observa-se, na TABELA 15, que a potência específica apresenta valores compatíveis com operações agrícolas citadas por (RALISCH, 1999).

Dado o espaçamento das hastes, e devido à execução da operação, uma superfície irregular foi gerada, observando-se uma grande espessura da parede dos sulcos que sofreram somente ruptura na região de atuação das hastes. Dependendo da estratégia de recuperação adotada se faz necessária uma subsolagem cruzada, trabalhos com grade ou de acordo com CAMARGO & ALLEONI (1997) a implementação de formas rápidas de colocação de matéria orgânica no solo/substrato como plantio de leguminosas e adubação orgânica. Neste trabalho, optou-se por uma aração utilizando uma grade aradora com o objetivo de melhoria da rugosidade, nivelamento e maior desagregação da superfície. Estes resultados podem ser observados na TABELA 15

**TABELA 15 - Parâmetros de mobilização e requerimento energético**

<i>Operações</i>	<i>Área Mobilizada [cm<sup>2</sup>]</i>	<i>Área de elevação [cm<sup>2</sup>]</i>	<i>Empol. [%]</i>	<i>Força de tração [kgf]</i>	<i>Potência específica [W/cm<sup>2</sup>]</i>	<i>Índice de rugosidade [mm]</i>	<i>DMG [mm]</i>
<b>Ríper</b>	6340	1128	18	3850	11,92	9,2	24,8
<b>Ríper+grade</b>	6340	657	10	263	13,56	3,4	6,9

Desta forma, possibilitou-se uma melhoria na rugosidade da superfície de acordo com o índice de 3,4 bem menores que 9,2 da subsolagem, sendo estes resultados compatíveis com (DALLMEYER, 1994). Nota-se observando a FIGURA 48, que a melhoria da rugosidade minimiza o empolamento, sendo isso natural, uma vez que, a área de elevação foi diminuída TABELA 15. O valor de potência específica foi analisado somando a potencia requerida conjuntamente na subsolagem e gradeação, sendo considerada a mesma área de mobilização da subsolagem.

O diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) se caracteriza por ser um parâmetro muito usual na verificação do tamanho de uma população de partículas (MIALHE, 1998).

Na TABELA 15 apresentam-se os valores do DMG para a superfície subsolada mais a superfície subsolada e gradeada. Observa-se uma grande variação nos valores do DMG quando se usa a grade em uma superfície subsolada. Estes resultados se assemelham com os obtidos por (GAMERO E BENEZ, 1996)

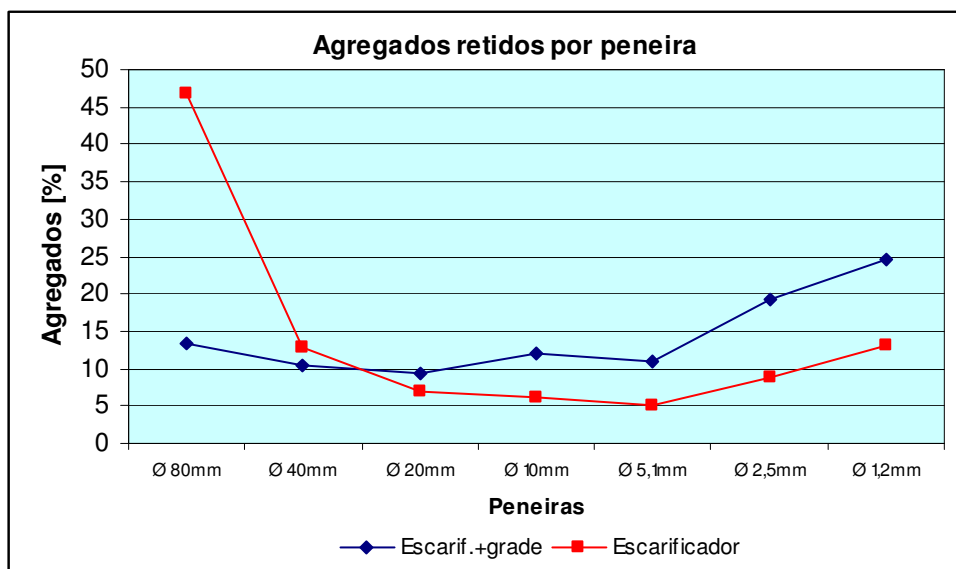
Um outro parâmetro estudado para analisar a desagregação de uma superfície foi a percentagem de agregados retidos em peneiras (TABELAS 16,17 e FIGURA 50)

**TABELA 16 – Amostras de agregados retidos por peneiras - Ríper**

<i>Ríper</i>						
Peneiras	Amostras	1	2	3	4	Médias [g]
Ø 80 mm		5680	6280	16820	16960	11435
Ø 40 mm		2810	2200	1570	5950	3133
Ø 20 mm		2190	1840	1200	1680	1728
Ø 10 mm		1720	2205	1110	1040	1519
Ø 5,1 mm		1280	1810	1080	920	1273
Ø 2,5 mm		1790	3520	2050	1320	2170
Ø 1,2 mm		5500	5600	720	990	3203
<b>Médias [g]</b>		<b>2996</b>	<b>3351</b>	<b>3507</b>	<b>4123</b>	<b>3494</b>
<b>CV =13,5%</b>						

**TABELA 17 - Amostras de agregados retidos por peneiras – Ríper+ grade de discos**

<i>Ríper + Grade de discos</i>						
Peneiras	Amostras	1	2	3	4	Média [g]
Ø 80 mm		3410	1340	3850	2250	2713
Ø 40 mm		2660	1300	2520	2120	2150
Ø 20 mm		1980	2080	2090	1390	1885
Ø 10 mm		2400	2550	2750	2100	2450
Ø 5,1 mm		3260	2540	1580	1450	2208
Ø 2,5 mm		4800	4500	3960	2520	3945
Ø 1,2 mm		3400	6480	4950	5310	5035
<b>Médias [g]</b>		<b>3130</b>	<b>2970</b>	<b>3100</b>	<b>2449</b>	<b>2912</b>
<b>CV =10,9%</b>						



**FIGURA 50 – Percentagem de agregados retidos por peneiras**

Nota-se que a maior percentagem de agregados na operação de subsolagem ficou retida na peneira de 80 mm a partir desta peneira a retenção de agregados apresentou-se valores mais constantes. Quando se utiliza a grade após a subsolagem à percentagem de agregados retidos por peneiras tende a ser mais constante, ou seja, ocorre uma maior desagregação.

### **5.2.5 Avaliação do crescimento de leguminosas nas áreas mobilizadas de rejeito e piso de lavra**

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho tornou-se relevante uma discussão sobre a importância e a relação do preparo da superfície no desenvolvimento vegetal, pois quando se prepara uma área é necessário possuir um objetivo definido. Analisar a relação do crescimento vegetal de espécies arbóreas tornar-se-ia difícil, pois seu crescimento normalmente ocorre de forma bastante lenta. Desta maneira, optou-se pela análise do crescimento de leguminosas, sendo as variáveis estudadas a quantidade de matéria seca e verde por m<sup>2</sup>. As TABELAS 18 e 19 apresentam os resultados da quantidade de matéria seca e verde(g) produzida por m<sup>2</sup> (coquetel) em áreas de rejeito. Nota-se pelas tabelas 18 e 19, que o teste foi significativo, ou seja, existe diferença entre os desvios. Estes resultados mostram a importância de se mobilizar o rejeito, considerando que o

objetivo principal do preparo do solo/substrato foi dar condições favoráveis à germinação de sementes e ao crescimento de raízes propiciando ambiente adequado as espécies vegetais (KEPNER et al 1978). O trabalho não levou em consideração as variáveis relacionadas ao solo e a planta que promoveram as diferenças nas quantidades de matéria seca e verde produzida. No entanto, algumas observações visuais locais podem ser mencionadas. Grande parte das áreas de rejeito são arenosas e possuem uma leve resistência mecânica na superfície(selamento). Este selamento em período de alta incidência solar permitiu um aquecimento entorno de 40° C de temperatura da superfície do solo/substrato dificultando sobremaneira a germinação de leguminosas, de acordo com JORGE (1985), que descreve algumas relações entre temperatura do solo e germinação. Na ocorrência de chuvas intensas, muito comuns na região, grande quantidade de semente é levada pela água da chuva, o que dificulta também a germinação e conseqüentemente o estande final de cultivo.

**TABELA 18 – Matéria verde [g/ m<sup>2</sup>] produzida em áreas de rejeito**

<i>Matéria verde-rejeito [g/m<sup>2</sup>]</i>				
Amostras	1	2	3	4
Mobilizado	747,20	803,70	594,23	592,02
Não Mobilizado	259,35	177,68	159,05	313,75
Diferenças [D <sub>i</sub> ]	487,85	626,02	435,18	278,27
Média [D <sub>i</sub> ]= 456,83 Desvio padrão [D <sub>i</sub> ]=143,59	t <sub>cal</sub> =6,359 t <sub>tab</sub> =2,353			α=0,05 Significativo

**TABELA 19 - Matéria seca [g/ m<sup>2</sup>] produzida em áreas de rejeito**

<i>Matéria seca-rejeito [g/m<sup>2</sup>]</i>				
Amostras	1	2	3	4
Mobilizado	169,38	152,93	129,01	122,85
Não Mobilizado	81,01	67,18	46,08	44,35
Diferenças [D <sub>i</sub> ]	88,37	85,75	82,21	78,50
Média [D <sub>i</sub> ]= 83,71 Desvio padrão [D <sub>i</sub> ]=4,90	t <sub>cal</sub> =39,004 t <sub>tab</sub> =2,353			α=0,05 Significativo

As TABELAS 20 e 21 apresentam os resultados das quantidades(g) de matéria seca e verde produzida por m<sup>2</sup> (coquetel) em áreas de piso de lavra. Nota-se pelas tabelas 18 e 19, que o teste foi significativo, ou seja, existe diferença entre os desvios. Estes resultados mostram a importância de se mobilizar o piso de lavra. Assim como para área de rejeito, o trabalho com piso de lavra não levou em consideração as variáveis relacionadas ao solo e a planta, que proporcionaram as diferenças nas quantidades de matéria seca e verde produzida. No entanto, algumas observações visuais locais importantes devem ser também mencionadas. Grande parte das áreas de piso de lavra, como já discutido na caracterização espacial da resistência mecânica a penetração, possuem uma camada imprópria ao crescimento de raízes de leguminosas. Neste contexto, procurou se minimizar as operações executando somente a subsolagem, que promoveu a quebra da camada compactada e acabou gerando uma superfície irregular. Esta superfície, quando foi semeada após uma chuva intensa, carregou grande quantidade de sementes para os sulcos. Sendo assim, optou se por uma gradeação favorecendo sobremaneira, a germinação das sementes e melhorando a qualidade do estande final de plantio.

**TABELA 20 - Matéria verde [g/ m<sup>2</sup> ] produzida em áreas piso de lavra**

<i>Matéria verde-Piso de lavra [g/m<sup>2</sup>]</i>				
Amostras	1	2	3	4
Mobilizado	721,35	884,17	776,06	715,03
Não Mobilizado	480,58	33,78	387,53	415,41
Diferenças [D <sub>i</sub> ]	240,77	850,39	388,53	299,62
<b>Média [D<sub>i</sub>]= 444,83</b> <b>Desvio padrão [D<sub>i</sub>]=277,11</b>	<b>t<sub>cal</sub>=3,201</b> <b>t<sub>tab</sub>=2,353</b>			<b>α=0,05</b> <b>significativo</b>

**TABELA 21 - Matéria seca [g/ m<sup>2</sup> ] produzida em áreas piso de lavra**

<i>Matéria seca-Piso de lavra [ g/m<sup>2</sup>]</i>				
Amostras	1	2	3	4
Mobilizado	206,02	188,4	190,17	194,95
Não Mobilizado	87,73	106,74	137,35	117,03
Diferenças [D <sub>i</sub> ]	118,29	81,66	52,82	77,92
<b>Média [D<sub>i</sub>]= 82,67</b> <b>Desvio padrão [D<sub>i</sub>]= 26,98</b>	<b>t<sub>cal</sub>=6,129</b> <b>t<sub>tab</sub>=2,353</b>			<b>α=0,05</b> <b>significativo</b>

### **5.2.6. Biomassa microbiana, atividade da desidrogenase e ciclagem de nutrientes após a incorporação da adubação verde.**

A biomassa microbiana do solo é definida como a parte viva da matéria orgânica, excluindo-se raízes de plantas e restos animais maiores que  $5 \times 10 \mu\text{m}^3$ , contendo em média 2 a 5% do C total e 1 a 5% do N total do solo (JENKINSON & LADD, 1981). Os valores de biomassa microbiana do carbono (BMC) indicam o potencial de reserva deste elemento que participa no processo de humificação, enquanto a biomassa microbiana do nitrogênio (BMN) estima a reserva de nitrogênio que poderá ser reabsorvido pelas plantas (GAMA-RODRIGUES, 1995).

A decomposição da matéria orgânica depende da quantidade da serrapilheira e, conseqüentemente, da espécie em questão, de parâmetros climáticos como a temperatura e a umidade, e das características físico-químicas do solo que influenciam diretamente a microbiota. Enquanto fatores climáticos parecem ter efeito pontual e apenas temporariamente inibitório à atividade microbiana, a qualidade da serrapilheira parece ser decisiva para a composição da microfauna edáfica (FROUFE, 1999).

De maneira geral, as leguminosas que nodulam e fixam nitrogênio produzem serrapilheira de baixa relação C/N o que facilita a decomposição (REIS et al. 2000).

Analisando-se a TABELA 22, pode se observar que, em relação à BMN, todas as amostras, independentemente da época de plantio e incorporação da adubação verde, não diferiram entre si; apenas as amostras coletadas no solo de mata apresentaram valores bastante superiores aos demais. Assim, a BMN parece refletir o efeito da qualidade nutricional do material da superfície, no caso da mata, a serrapilheira, verificando-se a seqüência decrescente de mata, piso de lavra com plantio de dois anos, piso de lavra com plantio de 3 anos, rejeito com plantio de 1 ano, rejeito sem plantio, piso de lavra sem plantio e piso de lavra com plantio de 1 ano. Para a vegetação nativa, vale ressaltar que o predomínio de um bosque e sub-bosque instalados há bastante tempo, permitiu a formação de uma densa rede de raízes responsável por uma elevada ciclagem, estimulando a atividade microbiana.

**TABELA 22 - Nitrogênio e carbono da biomassa em solo minerado após plantio de leguminosas**

Tratamento	Biomassa microbiana	
	$N_{mic}$	$C_{mic}$
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ TFSE	$\text{mg.kg}^{-1}$ TFSE
T1	0,12 <sup>A</sup>	1090,81 <sup>ABC</sup>
T2	1,54 <sup>A</sup>	880,87 <sup>BCD</sup>
T3	1,41 <sup>A</sup>	1344,25 <sup>AB</sup>
T4	1,33 <sup>A</sup>	466,41 <sup>D</sup>
T5	9,95 <sup>B</sup>	1514,42 <sup>A</sup>
T6	0,89 <sup>A</sup>	425,43 <sup>D</sup>
T7	0,54 <sup>A</sup>	531,35 <sup>CD</sup>
Desvio padrão	0,64	259,79
C.V. (%)	28,11	29,08

T1 = piso de lavra com plantio de um ano; T2 = piso de lavra com plantio de dois anos; T3 = piso de lavra com plantio de três anos; T4 = rejeito com plantio de um ano; T5 = solo de mata; T6 = piso de lavra sem plantio e T7 = rejeito sem plantio. Na área de deposição de rejeito houve apenas um plantio. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tuckey a 5%.

Para a BMC os maiores valores foram encontrados para a mata, piso de lavra com plantio de 3 anos e de 1 ano, sendo que estes não apresentaram diferenças significativas entre si (TABELA 22). REIS et al. (2000), estudando o efeito do plantio de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas sob a atividade microbiana do solo, observaram que os maiores valores de BMC foram encontradas para a vegetação espontânea, seguida de acácia, eucalipto e consórcio que não diferiram entre si.

Assim, em relação à biomassa microbiana, pode se observar que o plantio do coquetel de leguminosas utilizadas para a adubação verde proporcionou um aumento significativo na BMC principalmente após três anos de plantio. Já em relação à BMN, este plantio ainda não foi suficiente longo para promover alterações no solo/substrato.

A desidrogenase é uma enzima que promove a oxidação de um substrato específico pela subtração do hidrogênio (CERRI et al., 1992), parece estar condicionada à quantidade de matéria orgânica decomponível e intimamente relacionada à biomassa quando fontes externas de C são adicionadas ao solo (TABATABAI, 1994). TEIXEIRA (2004) observou que a atividade da desidrogenase foi o indicador mais sensível para medir as alterações provocadas pela atividade da mineração na mesma área desse estudo, sendo possível detectar sua atividade mesmo na testemunha absoluta (solo degradado sem tratamento), o que não ocorreu com a biomassa microbiana. O mesmo ocorreu nesse estudo, embora os resultados tenham sido bem baixos; nos tratamentos onde não

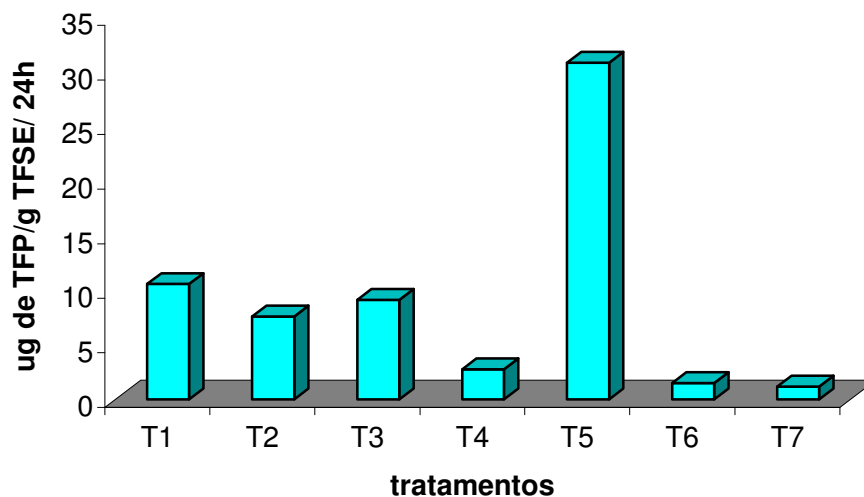


houve o plantio das leguminosas pode-se detectar a atividade da desidrogenase. O solo sob vegetação nativa apresentou valores bem superiores, diferindo significativamente dos demais tratamentos. O piso de lavra com plantio de 1, 2 e 3 anos não diferiu significativamente entre si, indicando que para a atividade da desidrogenase o plantio de leguminosas promoveu um aumento, não diferindo, porém entre os anos de plantio, indicando que, provavelmente, mais alguns anos seriam necessários para que esta atividade se aproximasse do valor encontrado na mata.

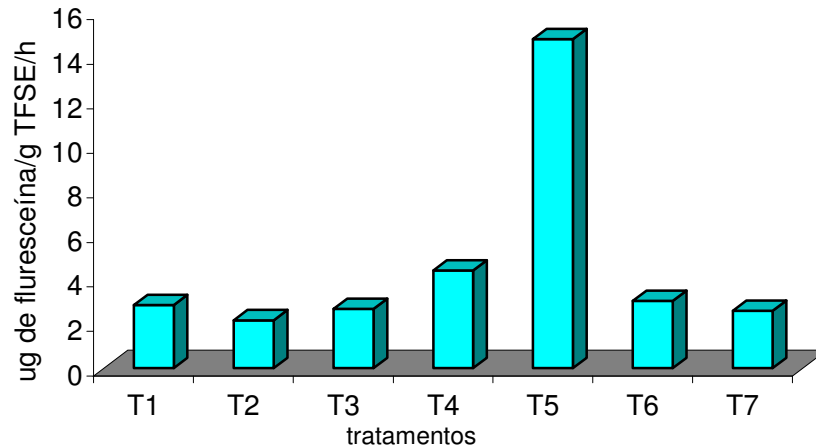
**TABELA 23 - Hidrólise do FDA e atividade da desidrogenase em solo minerado após plantio de leguminosas**

Tratamento	Hidrólise do FDA	Atividade da desidrogenase
	$\mu\text{g}$ de fluoresceína/g TFSE/h	$\mu\text{g}$ de TPF/g TFSE/24h
T1	2,83 <sup>A</sup>	10,56 <sup>A</sup>
T2	2,15 <sup>A</sup>	7,56 <sup>ABC</sup>
T3	2,66 <sup>A</sup>	9,08 <sup>AB</sup>
T4	4,38 <sup>A</sup>	2,74 <sup>BC</sup>
T5	14,78 <sup>B</sup>	30,83 <sup>D</sup>
T6	3,02 <sup>A</sup>	1,48 <sup>C</sup>
T7	2,57 <sup>A</sup>	1,16 <sup>C</sup>
Desvio padrão	1,30	3,10
C.V. (%)	28,07	34,25

T1 = piso de lavra com plantio de um ano; T2 = piso de lavra com plantio de dois anos; T3 = piso de lavra com plantio de três anos; T4 = rejeito com plantio de um ano; T5 = solo de mata; T6 = piso de lavra sem plantio e T7 = rejeito sem plantio. Na área de deposição de rejeito houve apenas um plantio. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tuckey a 5%.



**FIGURA 51 – Atividade da desidrogenase ( $\mu\text{g}$  de TPF.g<sup>-1</sup> TFSE.24h<sup>-1</sup>) em solo degradado após o plantio de leguminosas.**



**FIGURA 52** – Hidrólise do FDA ( $\mu\text{g}$  de fluoresceína. $\text{g}^{-1}$  TFSE. $\text{h}^{-1}$ ) em solo degradado após o plantio de leguminosas.

Os resultados apresentados nas TABELAS 22 e 23 são referentes às análises de plantas coletadas nas áreas de plantio T1 a T4 e na serrapilheira da mata (T5).

Os maiores valores de matéria seca (TABELA 24) foram obtidos nessa ordem: piso de lavra com plantio de 3 anos, piso de lavra com plantio de 2 anos e na serrapilheira sendo que esses valores não diferiram significativamente entre si.

Em relação ao nitrogênio, os maiores valores foram encontrados nas amostras coletadas no piso de lavra com 3 anos de plantio (T3) ( $19,84 \text{ mg.g}^{-1} \text{ ms}$ ), seguido pelo rejeito com plantio de 1 ano (T4) e mata (T5), sendo que esses tratamentos não diferiram entre si. Os teores de fósforo apresentaram-se mais elevados nos tratamentos T3 e T4 ( $1,25$  e  $1,14 \text{ mg.g}^{-1} \text{ ms}$ , respectivamente), apresentando-se significativamente superiores aos demais, inclusive quando comparados ao solo de mata, efeito esse provavelmente provocado pela própria adubação a qual as leguminosas foram submetidas por ocasião do plantio. Os teores de K também apresentaram-se mais elevados nos tratamentos T4 e T3 ( $5,88$  e  $4,75 \text{ mg.g}^{-1} \text{ ms}$ , respectivamente), superiores aos valores encontrados no material coletado na mata (serrapilheira), comportamento similar também foi observado para o Ca. Os teores de magnésio e enxofre não diferiram entre si.

Em relação aos teores de micronutrientes (TABELA 24), os valores mais elevados de cobre e ferro foram encontrados na serrapilheira, os teores de zinco praticamente não diferiram entres os tratamentos e os teores de manganês apresentaram-se superiores aos valores encontrados na serrapilheira.

De maneira geral, pode se observar que, em relação à absorção dos nutrientes e a produção de matéria seca a adubação realizada, por ocasião do plantio de leguminosas foi eficiente para suprir as necessidades dos vegetais, em alguns casos apresentando valores superiores aos encontrados na serrapilhira da mata (P, Ca, K e matéria seca).

**TABELA 24 Nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio e matéria seca em solo minerado após plantio de leguminosas**

Tratamento	Nitrogênio	Fósforo	Enxofre	Potássio	Matéria seca
		----- mg.g <sup>-1</sup> .ms-----			Kg ms/ha
T1	7,87 <sup>A</sup>	0,38 <sup>A</sup>	1,10 <sup>A</sup>	4,25 <sup>AB</sup>	4443,0 <sup>A</sup>
T2	10,46 <sup>A</sup>	0,32 <sup>A</sup>	1,38 <sup>A</sup>	3,44 <sup>A</sup>	8337,0 <sup>B</sup> <sup>C</sup>
T3	19,84 <sup>B</sup>	1,25 <sup>B</sup>	1,37 <sup>A</sup>	4,75 <sup>B</sup> <sup>C</sup>	10226,25 <sup>C</sup>
T4	18,79 <sup>B</sup>	1,11 <sup>B</sup>	1,29 <sup>A</sup>	5,88 <sup>C</sup>	5511,0 <sup>AB</sup>
T5	15,50 <sup>B</sup>	0,43 <sup>A</sup>	1,33 <sup>A</sup>	0,66 <sup>D</sup>	6720,25 <sup>ABC</sup>
Desvio padrão	2,22	0,11	0,21	0,53	1638,61
C.V. (%)	15,34	16,05	16,42	13,87	23,25

T1 = piso de lavra com plantio de um ano; T2 = piso de lavra com plantio de dois anos; T3 = piso de lavra com plantio de três anos; T4 = rejeito com plantio de um ano; T5 = solo de mata. Na área de deposição de rejeito houve apenas um plantio. Média seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tuckey a 5%.

**TABELA 25 - Cobre, ferro, manganês, zinco, cálcio e magnésio em solo minerado após plantio de leguminosas**

Tratamento	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	Cálcio	Magnésio
			----- mg/kg -----			
T1	3,94 <sup>A</sup>	494,68 <sup>A</sup>	15,31 <sup>A</sup>	15,31 <sup>A</sup>	7,72 <sup>A</sup>	1,97 <sup>A</sup>
T2	3,18 <sup>A</sup>	550,34 <sup>AC</sup>	26,45 <sup>BC</sup>	26,45 <sup>B</sup>	8,33 <sup>A</sup>	2,14 <sup>A</sup>
T3	2,84 <sup>A</sup>	547,52 <sup>AC</sup>	19,70 <sup>C</sup>	19,70 <sup>AB</sup>	10,33 <sup>B</sup>	2,51 <sup>A</sup>
T4	4,31 <sup>A</sup>	103,93 <sup>B</sup>	20,93 <sup>AB</sup>	20,93 <sup>AB</sup>	7,86 <sup>A</sup>	2,33 <sup>A</sup>
T5	7,91 <sup>B</sup>	615,9 <sup>3C</sup>	24,29 <sup>D</sup>	24,25 <sup>AB</sup>	4,80 <sup>C</sup>	2,51 <sup>A</sup>
Desvio padrão	0,82	46,52	4,53	4,53	0,91	0,35
C.V. (%)	19,42	10,06	21,23	21,23	11,63	15,62

T1 = piso de lavra com plantio de um ano; T2 = piso de lavra com plantio de dois anos; T3 = piso de lavra com plantio de três anos; T4 = rejeito com plantio de um ano; T5 = solo de mata. Na área de deposição de rejeito houve apenas um plantio. Média seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tuckey a 5%.

## 6. CONCLUSÕES

Dentro das condições em que o presente trabalho foi realizado e por meio dos aspectos metodológicos e análises dos resultados obtidos, estabeleceram-se as seguintes conclusões:

- O programa computacional (SGMAD) desenvolvido atende aos propósitos metodológicos estabelecidos (análise de custos e capacidade operacional) para selecionar máquinas e métodos de preparo nas áreas de exploração mineral de cassiterita. No entanto, dada à simplicidade de sua aplicação, o usuário requer uma experiência mínima na aplicação de máquinas e mecanização. Sendo assim, sua utilização torna-se indissociável da leitura deste trabalho.
- O planejamento das operações pode ser executado pelo programa proposto, sendo que as operações devem ser planejadas antes e depois do processo de exploração mineral. A seleção do maquinário depende das técnicas e estratégias de recuperação adotadas, estando essas relacionadas com o uso futuro da área.
- As máquinas e os equipamentos de menor produção apresentaram um maior custo por metro cúbico trabalhado, refletindo um maior custo total. As máquinas e os equipamentos de menor capacidade operacional efetiva apresentaram um maior custo por área, refletindo num maior custo total.
- O programa SGMAD pode ser utilizado para decidir entre a locação ou uso das máquinas da mina. A utilização das máquinas da mineradora confere um adendo ao seu uso anual, permitindo um menor custo médio operacional.
- Com a recomposição topográfica das áreas foi possível readequar o solo/substrato para condição de plantio. A mobilização superficial da área remodelada mostrou-se significativa no crescimento de leguminosas, etapa inicial para a recuperação das áreas.
- O método de mapeamento da resistência mecânica a penetração utilizando geoestatística possibilitou identificar as áreas críticas para o crescimento de leguminosas no solo/substrato. Desta maneira, foi possível minimizar o uso do ‘riper’ na área, utilizando tratamento localizado.
- O uso de indicadores biológicos na avaliação das estratégias adotadas revelou que o plantio de leguminosas e sua posterior incorporação vêm promovendo alterações graduais em alguns dos parâmetros de solo analisados.

- Em relação à biomassa microbiana pode se observar que o plantio do coquetel de leguminosas utilizadas para a adubação verde proporcionou um aumento significativo na BMC principalmente após três anos de plantio. Já em relação à BMN este plantio ainda não foi suficiente para promover alterações no solo/substrato.
- Em relação à atividade da desidrogenase, o plantio de leguminosas promoveu um aumento, porém, não diferindo entre os anos de plantio indicando que, provavelmente, mais alguns anos seriam necessários para que esta atividade se aproxime do valor encontrado na mata.

## 7. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2004. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, p. 83-95 2004.

ALVARENGA, M.I.N., SOUZA, J.A. **Atributos do solo e o impacto ambiental**. (Curso de especialização por tutoria à distância em solos e meio ambiente). Lavras: UFLA;FAEPE, 1995. 140p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. S313.2: **Soil Cone Penetrometer**. St Joseph, MI, 1997. 200p.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. **Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils**. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.21, n.4, p.471-479, Apr. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Degradação do solo-terminologia-**NBR. 10.703**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES  
<http://www.anfavea.com.br/Index.html> 27/08/2002

BALASTREIRE, Luiz Antonio. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Ed. Manole, 1987 310p.

BANCO DO NORDESTE (Brasil). **Manual de impactos ambientais**: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza, CE: B.N., 1999. 297p.

BANZATTO, D.A., KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 1992. 247p.

BARGER, E. L., LILJEDAHL, J. B., CARLETON, W. M. ET AL. **Tratores e seus motores**. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. 382p.

BARTH, R. C. **Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Sociedade de Investigações Florestais, Viçosa, MG, (Boletim Técnico), 1989, 41p.

BARTH, R. C., DON, D. W., GRIFFITH, J.J. **Reclamation practices at selected brasilian Mines.** In: Mine Drainage na surface mine reclamation. Proceedings. U.S. Department of the Interior. *Bureau of Mines Information Circular 9184*, v.2, p.179-185, 1988.

BELL, L. Clibe. **Rehabilitation of disturbed land.** Mulligan, D. R., ed. Environmental management in Australian minerals and energy industries. Principles and practices. Sydney, University of New South Wales Press, 1996. p. 227-261.

BITAR, OMAR Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo.** São Paulo, 1997, 185p. Tese (Doutorado em engenharia)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BITAR, OMAR Y.; BRAGA, T. O. **O meio físico na recuperação de áreas degradadas.** Curso de geologia aplicada ao meio ambiente (Série Meio Ambiente). São Paulo: ABGE/IPT-Digeo, 1995. p.165-179.

BRASIL. Ministério do Interior. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: Técnica de Revegetação.** IBAMA. Brasília, DF, 1990. 96P.

BROOKES, P.C. **The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. Biology and Fertility of Soils,** Berlin, v.19, n.2/3, p.269-279, Feb./Mar. 1995.

BROW, S., LUGO, A. E. **Rehabilitation of Tropical Lands. Restoration Ecology,** 2(1), p.1-15, 1994.

BRUSSARD, L.; VAN FAASSEN, H.G. Effects of compaction on soil biota and soil biological processes. **Soil compaction in croup production;** London: Elsevier, 1984. P. 215-235.

CAIRNS JR., J. Restoration, reclamation and regeneration of degraded or destroyed ecosystems. InÇ SOULÉ, M.E., org. **Conservation biology.** Sunderland Sin Auer, 1986. P. 465-484.

CALEGARI, A. **Adubação Verde.** In: Manual técnico do subprograma manejo e conservação do solo. Curitiba: Secretaria de Agricultura e do Abastecimento, 1989, p.178-85.

CAMARGO, O. A. de, ALLEAONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas.** Piracicaba: 1997. 132p.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, I.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN. D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. **Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils.** Soil Science Society of America Journal, v. 58, p. 1501-1511. 1994.

CAMPELLO, Eduardo F. C. **Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas.** Recuperação de áreas degradadas. Editores: DIAS, Luís. E., MELLO, Jaime W. V., Viçosa, MG, 1998. P.183-196.

CAMPOS, D.C. **Influência da mudança do uso da terra sobre a matéria orgânica no município de São Pedro – SP.** Piracicaba: USP, 1998. 83p. (Dissertação - Mestrado em Microbiologia Agrícola).

CANARACHE, A. **PENETR-Generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration.** *Soil Till. Res.*, Amsterdam, 16:56-70,1990.

CAÑAVATE, Jaime O.; HERNANZ José L. **Técnica de la mecanización agraria.** Madrid, Mundi-Prensa, 3ed. 1989. 651p.

CARNEIRO, M.A.C. **Características bioquímicas do solo em duas cronossequências de reabilitação em áreas de mineração de bauxita.** Lavras: UFLA, 2000. 166p. (Tese – Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

CARPANEZZI, A.A; COSTA, L.G.S; KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A **Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas;** observações de laboratórios naturais. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6º, Campos do Jordão, 1990. Anais, p.216-221.

CASIDA, L.E., KLEIN, T.S. Soil dehydrogenase activity. In: WEAVER, R.W. et al. (Ed.) **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties.** Madison, ASA/SSA. p. 775-883. 1964.

CASTELLI, G. Studio e sperimentazione di un prototipo di zappatrice a due rotori. **Revista di Eng Agrária**, Roma , n.3, p.127-139, 1978.

CERRI, C.C., ANDREAU, F., EDUARDO, B.P.O. Ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M., NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, 360p.

CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B.P. **Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.9, n.1, p.1-4, jan./abr. 1985.

COELHO, J.L.D., GADANHA JR., C. D., MILAN, M. **Manejo conservacionista do solo-preparo reduzido.** Piracicaba, Implementos Agrícolas JAN S/A, 1993.22p.

DALLMEYER, A. U. **Avaliação energética e desempenho operacional de equipamentos de preparo do solo.** Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP (Tese de doutorado). Botucatu: UNESP, 1994. 156P

DALLMEYER, A. U. **Máquinas para preparo conservacionista.** Palestra proferida no Seminário de Conservação do Solo do Planalto. PICS/UPF/AEAPF/CNP Trigo. Passo Fundo, 1987.

DECHEN, S. C. F., LOMBARDI NETO, F., CASTRO, O. M. de. **Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Vermelho Eutroférico.** Rev. Bras. Cien. Solo, v.5, n.2, p.133-137, 1981.



DE-POLLI, H., GERRA, J. G. M., ALMEIDA, D. L., FRANCO, A. A. **Adubação verde parâmetros para avaliação de sua eficiência.** CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8, 1990, Londrina. Anais... Londrina: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1996. p.225-42.

DIAS, L. E. & GRIFFITH, J. J. **Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas.** In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V. de., ed. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa:UFV; Viçosa-MG, 1998. p.1-7.

DIAS, L. E. **Caracterização de substratos para fins de recuperação de Áreas Degradadas.** In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V. de, ed. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV; Viçosa-MG, 1998. p.1-7.

DIAS, Luiz Eduardo.. **I Curso de Recuperação de Áreas Degradadas.**; Carajás, Para, 2002. 70p.

DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P.; TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (eds) Methods for assessing soil quality. **Madison:Soil Science Society of America**, 1996. p.247-272.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p, 1999.

FAO. FAO/UNESCO. **Soil map of the world. Revised legend, with corrections.** World Resources Report 60, FAO, Rome. Reprinted as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen, 296p, 1988.

FEARNIDE, P.M. **A floresta vai acabar?** Ciência Hoje. Rio de Janeiro. 2(10):42-52, 1984.

FEARNIDE, P.M. **Amazônia: A fronteira agrícola 20 anos depois.** Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém/PA. 363, 1991.

FEARNIDE, P.M. **Rondônia: Estradas que levam à destruição.** Ciência Hoje. Rio de Janeiro. 11(61): 46-52, 1990.

FONTES, M.P.F. Estudo pedológico reduz impacto da mineração. **Revista da Cetesb de Tecnologia. AMBIENTE**, São Paulo, p. 58-61, 1991.

FRANÇA, J.T. **Estudos da sucessão secundária em áreas contíguas a mineração de cassiterita na Floresta Nacional do Jamari-RO.** Dissertação de mestrado apresentada a ESALQ/USP. Piracicaba, 1991, 169p.

FRANCO, A.A., CAMPELO, E.F.C., DIAS, L.E., FARIA, S.M. de. **Revegetação de solos degradados:** Seropédica, Brasília, EMBRAPA-CNPBS, 1992, 8p. (EMBRAPA-CNPBS. Comunicado Técnico, 9)

FRANK, Rodolfo G. **Costos y administración de la maquinaria agrícola**. Buenos Aires, Ed. Hemisferio Sur. 1977. 385p.

FROUFE, L.C.M. **Decomposição de serrapilheira e aporte de nutrientes em plantios puros e consorciados de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden e duas leguminosas fixadoras de N<sub>2</sub> (*Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acácia mangium* Willd)**. Seropédica: UFRRJ, 1999, (Dissertação de mestrado).

GADANHA JUNIOR, C.D. et al. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo; Núcleo Setorial de Informações em Máquinas Agrícolas, Fundação de Ciências e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991. 449p.

GALETI, Paulo A. **Mecanização agrícola: preparo do solo**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, SP, 1983. 220p.

GAMA-RODRIGUES, da E.F., GAMA-RODRIGUES, da A.C., BARROS de N.F. Biomassa microbiana de carbono e nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Viçosa, 1995.

GAMERO A.C. & LANÇAS K. **Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo**. In: MIALHE L.G., Ed. Máquinas Agrícolas Ensaio e Certificação. Piracicaba SP., 1996. 463-514p

GAMERO, Carlos A., BENEZ, Sérgio H. **Avaliação da condição do solo após o preparo: IV Ciclo de Estudos sobre Mecanização Agrícola**. Jundiaí, SP, Fundação Cargill, 1990. p.12-21.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+ Geostatistics for the environmental sciences**. <http://www.gammadesign.com>. 01 Jul. 2002.

GIANFREDA, L.; BOLLAG, J.M. Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. In: STOTZKY, G.; BOLLAG, J.M. (eds) Soil Biochemistry. New York: M. Dekker, 1996. v.9, p.123-193.

GRIFFITH, J.J., DIAS, L.E., JUCKSON, I. **Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil**. In: I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Anais. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, I Curitiba, 1994, 679p.

GRIFFITH, J.J., DIAS, L.E., JUCKSON, **Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa**. Rev. Ambiental da CETESB, São Paulo, p.28-37, 1996.

GRIFITH, J. J. **Política ambiental e métodos de reabilitação para a mineração de cassiterita na Floresta Nacional do Jamari**. SIF (relatório técnico), Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Viçosa, MG, 1983. 110P.

GRISI, B.M. Biomassa e atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica. Revista Nordestina de Biologia, João Pessoa, v.10, n.1, p.1-22, 1995.

GUIMARÃES, Nelson **Equipamentos de Construção e Conservação**. Curitiba: Ed. UFPR, 2001 360p.

INSAM, H.; DOMSCH, K.H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. Microbial Ecology, Tokio, v.15, p.177-188, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENIVAVEIS. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação. Brasília, IBAMA, 1990. 96p.

JEKINSON, D.S., LASS, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: JENKINSON, D.S.; LADD, J.M. Microbial biomass in soil: movement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.M. (eds). **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1981. p.368-386.

JESUS, R.M. Revegetação: da teoria a prática. Técnicas de implantação. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1 e **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**, 2., Foz do Iguaçu, 1994. Anais Curitiba, FUPEF, 679p,1994.

JESUS, R.M. **Revegetação: da teoria a prática. Técnicas de implantação**. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1 e SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., Foz do Iguaçu, 1994. Anais . . . Curitiba, FUPEF, 679p,1994.

JORGE, José Antonio. **Física e manejo dos solos tropicais**. . Inst. Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, 1985 328p.

KENNEDY, A.C.; PAPENDICK, R.I. Microbial characteristics of soil quality. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, v.50, n.3, p.243-248, May/June 1995.

KEPNER, R. A., BAINER, R., BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. 3ed. Westport, Avi. 1978. 527p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Ed: Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, 1985. 492p.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relação solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979, 262p.

LAL, R. & STEWART, B.A. **Need for land restoration**. Advanced in Soil Science, 17:. 1992. 1-9p.

LAL, R., HALL, G.F., MILLER, F.P. **Soil degradation: I basic process. Land Degradation & rehabilitation**, London, v.1., n.1, p. 51-69, Jul-Ag. 1989.

LEITE, Laércio L. et al. Recuperação de Áreas Degradadas, **I simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional** ., Foz do Iguaçu, 1994. Anais, Curitiba, FUPEF, 679p,1994.

LISBOA, P.L.B. **Estudo florístico da vegetação arbórea de uma floresta secundária em Rondônia**. Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, sér. Bot. 5(2): 145-162. 1989.

LONGO, Regina Márcia; RIBEIRO Admilson Irio; MELO; Wanderley José de. Caracterização física e química de áreas mineradas pela extração de cassiterita. **Bragantia**.vol.64nº.1 Campinas Jan./Apr.2005.

MACHADO A.L.T., REIS, A.V., MORAES, M.L.B., ALONÇO, A.S. **Máquinas para Preparo do Solo, Semeadura, Adubação e Tratamentos Culturais** – Pelotas: Universitária/Ufpel, 1996. 229p.

MACIEL, Antonio. J. S. **Enxada rotativa: Análise dimensional, requerimento energético e efeito no solo utilizando diferentes geometrias de lâminas**, Botucatu, UNESP, tese. 1993. 145p (Doutorado em Energia na Agricultura) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências agrônômicas.

MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA SA.1989. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS. 201p.

MANUAL CASE BÁSICO Retroescavadeiras e carregadeiras, São Paulo, 5 ed. **Case do Brasil S.A.** Brasil 1980 85p.

MANUAL DE PRODUÇÃO. São Paulo, 11 ed. **Caterpillar Brasil S.A.** Brasil 1985. 510p.

MAZUCHOWSKI, J.Z., DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para as culturas anuais mecanizadas**. Curitiba: Associação de Crédito e Extensão Rural do Estado do Paraná, 1984. 68p.

McCREERY, W.F., NICHOLS, M.L. **The geometry of disks and soil relationships**. Agric. Eng. v. 37, 1956, p.808-812.

MIALHE, LUIZ G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo, ed. Ceres. 1974. 301p.

MIALHE, Luiz Geraldo. **Máquinas Agrícolas: ensaio e certificação**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP, 1996. P.463-509.

MINTER (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração:técnicas de revegetação**. IBAMA. Brasília, 1990.

NOGUEIRA, A. E. **Capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia ) para recuperação de áreas degradadas por mineração de cassiterita na Região Amazônica.** 112p. Monografia - FCAV/UNESP, Jaboticabal SP, 2000.

ODUM, E.P. **Ecology and our endangered life-support systems.** 2nd. ed. 1993.

OSTERROHT, M. V. **O que é uma adubação verde: princípios e ações,** revista **Agroecologia Hoje.** 2002, nº14, p.9-11.

PECHE, Afonso F. Construção de terraços máquinas e equipamentos utilizados no Brasil. Simpósio Brasileiro sobre terraceamento agrícola .Ed. Fundação Cargill, Organizadores: Lombardi Neto F. & bellinazzi Junior R.1989. p. 136-167.

PELIZZI,G. **Meccanica e Meccanizzazione** Agrícola. Milano: Edagricole. 1987. 340p.

PFENNING, L.; EDUARDO, B.P.; CERRI, C.C. Os métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração na estimativa da biomassa microbiana em solos da amazônia. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v.16, n.1, p. 31-37, jan./abr. 1992.

RADAMBRASIL. Folha SC-20. Porto Velho. Rio de Janeiro, **Departamento Nacional de Produção Mineral**, 1978. 661p. (Levantamento de Recursos Naturais, 16).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba:Ceres, Potafos, 343p,1991.

RALISCH, Ricardo: Análise comparativa do desempenho de tr-es equipamentos de preparo de solo na descompactação de um Latossolo Roxo, tese de doutorado, UNESP-Botucatu, 1999, 105p

REIS, L.L., CAMPELLO, E.F., FRANCO, A.A. Atividade microbiana de um planossolo sob plantio de leguminosas arbóreas utilizadas na recuperação de áreas degradadas em comparação ao eucalipto e vegetação espontânea. In: **IV Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas**, Blumenau, **Anais...**, 2000 (Cd room).

RESENDE, A.V., KONDO, M.K. Leguminosas e recuperação de áreas degradadas. **Informe Agropecuário**, v.22, n.210, p 46-56, 2001.

RIBEIRO A. I., et al. Diagnosis of a compacted area for mining though the mechanical resistance to the penetration using geostatistical methods in the Amazon Forest. **In Brownfield Sites II** ed. Wit press, Ashurst U.K. v 1, p. 41-52, 2004.

RIBEIRO, A.; MACIEL, A. J. S.; LONGO, R. M. MELO, W. J. de . Mecanização na recuperação de áreas degradadas: aspectos e importância. **In: Simposio Brasileiro de Recuperação**, 2002, Belo Horizonte. cd-room, 2002. v. 1. p. 1-5.

SAADI, A. **Os sertões que viram desertos..** Boletim Informativo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Vol.25 n.1. 2000. Viçosa,MG. 2000 P. 10-17.

SANCHES, A. C. **Adubação fosfatada e inoculação de leguminosas com *Bradyrhizobium* na recuperação de solo degradado pela mineração de cassiterita na região amazônica.** FCAV/UNESP, Jaboticabal SP, 2004, 85p. (Tese de Doutorado).

SANCHEZ, Luis Enrique. **Desengenharia – O Passivo Ambiental na desativação de Empreendimentos Industriais.** São Paulo. Ed. Edusp, 255p. 2001.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1974, 56 p.

SAWADA, Y. Indices of microbial biomass and activity to assess minesite rehabilitation. In: MINERALS COUNCIL OF AUSTRALIA ENVIRONMENTAL WORKSHOP, 1996, Camberra: Minerals Council of Australia, p. 223-236. 1996.

SCHWENKE, G.D.; AYRE, L.; MULLIGAN, D.R.; BELL, L.C. Soil stripping and replacement for the rehabilitation of bauxite-mined land at Weipa. II. Soil organic matter dynamics in mine. **Australian Journal of Soil Research, Melbourne**, v.38, p.371-393, 2000.

SCHWENKE, G.D.; MULLIGAN, D.R.; BELL, L.C. Soil stripping and replacement for the rehabilitation of bauxite-mined land at Weipa. I. Initial changes to soil matter and related parameters. **Australian Journal of Soil Research, Melbourne**, v.38, p.345-369, 2000a.

SCHWENKE, G.D.; MULLIGAN, D.R.; BELL, L.C. Soil stripping and replacement for the rehabilitation of bauxite-mined land at Weipa. III. Simulated long-term soil organic matter development. **Australian Journal of Soil Research, Melbourne**, v.38, p.395-410, 2000b.

SEGUY, L., KLUTHCOUSKI, J., SILVA, J.G. **Técnicas de preparo do solo.** Goiânia: CPAF/EMBRAPA, 1984. 26p.

SENÇO, Wlastemiler de. **Estradas de rodagem:projeto.** Grêmio Politécnico-DLP, Universidade de São Paulo, 1 ed. São Paulo, 1980. 420p.

SENSO, Wlastemiler de. **Terraplenagem.** Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1 ed. São Paulo, 1975. 110p.

SILVA, E. T.da **Atributos químicos e biológicos de um solo da região amazônica degradado pela mineração de cassiterita após aplicação do lodo de esgoto de uma estação de tratamento.** FCAV/UNESP, Jaboticabal SP, 2004, 87p. (Tese de Doutorado).

SILVA, G. 2002. **Métodos auxiliares para diagnóstico da necessidade de subsolagem de solos agrícola.** FEAGRI, UNICAMP, Campinas-SP, 123p. (Dissertação de Mestrado).

SILVEIRA, G.M. **O preparo do solo: implementos corretos.** 3 ed. Rio de Janeiro: Globo, 1989, 240p.

SOIL TAXONOMY, U.S. **Soil Conservation Service, Soil Survey Staff.** USDA Agriculture Handbook n. 436, Washington D.C. 1975.

SOUZA, C.M. FIGUEIREDO. M.S. COSTA, L.M. SEDIYAMA, T. **Efeito do uso contínuo de grade pesada em Latossolo Vermelho Amarelo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p.1394-404, 1992.

SOUZA, J.A. **Avaliação das estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Poços de Caldas (MG),** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. 104p. (Tese de Doutorado).

SRIVASTAVA, S.C.; SINGH, J.S. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-user and nutrient flux. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.23, n.2, p.117-124, Feb. 1991.

SVERSUT, Claudio. B.; MANTOVANI, Evandro C.; LINS E SILVA. Manfredo L. **Mapeamento da resistência do solo a penetração.** CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA.XXIX. 2000 Fortaleza, CE, CD-ROM, 3p.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W. outros autores. (Ed.) **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties.** Madison: ASA/SSA. 1994. P.775-883.

TEIXEIRA, T.T. **Aplicação de lodo de estação de tratamento de água em solo degradado por mineração de cassiterita.** FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2004, 85p. (Tese de Doutorado).

TOLEDO, A.E.P./ et al./ **Recuperação de Áreas degradadas.** CESP, 2ed. Revisada. São Paulo, 1992. 12p.

TOY, T.J., HADLEY, R.F. **Geomorphology and reclamation of disturbed lands.** London: Academic Press, 1987. 480p.

TOY, Terrence J.: **Topographic reconstruction: The foundation of reclamation.** Recuperação de áreas degradadas. Editores: DIAS, Luís. E., MELLO, Jaime W. V., Viçosa, MG, 1998. P. 107-115.  
TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in soil science*, v.38, p. 45-94, 1985.

VANCE, E.D., BROOKES, P.C. JENKINSON, D.S. Extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biologic Biochemical.**, Oxford, v.19, p.703-707, 1987.

VEIGA, C. M.; MILAN, Marcos. **Desenvolvimento de um modelo empírico para seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja, considerando o custo de pontualidade na semeadura.** CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA.XXIX. 2000 Fortaleza, CE, CD-ROM, 3p.

VISSER, S. Management of microbial processes in surface mined land reclamation in Wertern Canada. In: TATE, R.L. III; KLEIN, D.A. (eds) *Soil reclamation processes: microbiological analyses and applications*, New York: Dekker, 1985. p. 203-241.

VITTI, G.C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e em planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1988, p. 37.

WARRICK, A. W. & NIELSEN, D. R. **Spacial variability of soil physical properties in the field**. In: Hilled, D. ed. Application of soil physic, New York: Academic Press, 13: 139-4. 1980.

WITNEY, Brian D. **Choosing and using farm machines**. Scotland: Land Tec, 1995. 412p.

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: I Curso sobre adubação verde no Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: IAC/Instituto Agronômico. P.17-29, 1993.

YARED, J.A.G. **A atividade florestal na Amazônia: Diagnóstico e perspectivas**. Palestra apresentada no Seminário “Futuro econômico da Amazônia: Agricultura”. Brasília, 23-25 de maio de 1990. 24p.

## 8. ANEXOS



## Anexo 1 - banco de dados: máquinas e implementos agrícolas

Tabela 4 - Arados de disco marchesan

NOME	MODELO	LARGURA [M]	POTENCIA [HP]
Arado fixo	AF-2X28"	0,65	45/50
Arado fixo	AF-3X28"	0,92	60/70
Arado fixo	AF-4X28"	1,23	80/95
Arado fixo	AF-5X28"	1,55	105/120
Arado fixo leve	AFL-3X28"	0,95	50/60
Arado fixo leve	AFL-4X28"	1,1	70/80
Arado fixo leve	AFL-5X28"	1,4	85/95
Arado reversível leve	AR-3X28"	0,9	60

Tabela 5 - Arados de aiveca marchesan

NOME	MODELO	LARGURA [M]	POTENCIA [HP]
Arado de aivecas reversível	AAR-3	1,35	120
Arado de aivecas reversível	AAR-4	1,8	140
Arado de aivecas reversível	AAR-5	2,25	160
Arado de aivecas helicoidais	AAH-2	0,9	75/85
Arado de aivecas helicoidais	AAH-3	1,35	90/100
Arado de aivecas helicoidais	AAH-4	1,8	105

Tabela 6 - Arados de disco baldan

NOME	MODELO	LARGURA [M]	POTENCIA [HP]
Arado fixo	AF-2X26"	0,6	50
Arado fixo	AF-3X28"	0,6	50
Arado fixo	AF-3X26"	0,9	70
Arado fixo	AF-3X28"	0,9	70
Arado fixo	AF-4X26"	1,2	90
Arado fixo	AF-4X28"	1,2	90
Arado fixo	AF-5X26"	1,5	120
Arado fixo	AF-5X28"	1,5	120
Arado reversível hidráulico	ARH(L)-3X26"	0,9	79
Arado reversível hidráulico	ARH(L)-3X28"	0,9	79
Arado reversível hidráulico	ARH(P)-3X28"	1	100
Arado reversível hidráulico	ARH(P)-3X30"	1	100
Arado reversível hidráulico	ARH(P)-4X28"	1,3	120
Arado reversível hidráulico	ARH(P)-4X30"	1,3	120
Arado reversível hidráulico	ARH(P)-5X28"	1,6	150
Arado reversível hidráulico	ARH(P)-5X30"	1,6	150

Tabela 7 - Arados de aiveca baldan

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTENCIA [HP]</b>
Arado aiveca talhado	AAFT-2	0,8	80
Arado aiveca liso	AAFL-2	0,9	80
Arado aiveca talhado	AAFT-3	1,2	110
Arado aiveca liso	AAFL-3	1,35	110
Arado aiveca talhado	AAFT-4	1,6	135
Arado aiveca liso	AAFL-4	1,8	135
	AARM-3	1,4	
	AARM-4	1,9	
	AAL-2	0,9	
	AAL-3	1,35	

Tabela 8 - Grades aradoras baldan

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTÊNCIA [HP]</b>
Grade aradora	GR-10X24"	1,05	48/61
Grade aradora	GR-10X26"	1,05	48/61
Grade aradora	GR-12X24"	1,3	57/66
Grade aradora	GR-12X26"	1,3	57/66
Grade aradora	GR-14X24"	1,55	67/77
Grade aradora	GR-14X26"	1,55	67/77
Grade aradora	GR-16X24"	1,75	76/88
Grade aradora	GR-16X26"	1,75	76/88
Grade aradora	GR-18X24"	2	86/99
Grade aradora	GR-18X26"	2	86/99
Grade aradora	GR-20X24"	2,25	96/110
Grade aradora	GR-20X26"	2,25	96/110
Grade aradora	GR-24X24"	2,7	115/130
Grade aradora	GR-24X26"	2,7	115/130
Grade aradora	GR-28X24"	3,2	135/154
Grade aradora	GR-28X26"	3,2	135/154
Grade aradora pneus	GRP-12X24"	1,3	57/66
Grade aradora pneus	GRP-12X26"	1,3	57/66
Grade aradora pneus	GRP-14X24"	1,55	67/77
Grade aradora pneus	GRP-14X26"	1,55	67/77
Grade aradora pneus	GRP-16X24"	1,75	76/88
Grade aradora pneus	GRP-16X26"	1,75	76/88
Grade aradora pneus	GRP-18X24"	2	86/99
Grade aradora pneus	GRP-18X26"	2	86/99
Grade aradora pneus	GRP-20X24"	2,25	96/110
Grade aradora pneus	GRP-20X26"	2,25	96/110
Grade aradora pneus	GRP-24X24"	2,7	116/132
Grade aradora pneus	GRP-24X26"	2,7	116/132
Grade aradora arrasto	GRI-12X26"	1,5	73/85
Grade aradora arrasto	GRI-12X28"	1,5	73/85
Grade aradora arrasto	GRI-14X26"	1,75	79/85

Grade aradora arrasto	GRI-14X28"	1,75	79/85
Grade aradora arrasto	GRI-16X26"	2	95/108
Grade aradora arrasto	GRI-16X28"	2	95/108
Grade aradora arrasto	GRI-18X26"	2,3	110/112
Grade aradora arrasto	GRI-18X28"	2,3	110/112
Grade aradora arrasto	GRI-20X26"	2,55	116/126
Grade aradora arrasto	GRI-20X28"	2,55	116/126
Grade aradora arrasto	GRI-24X26"	3,1	143/152
Grade aradora arrasto	GRI-24X28"	3,1	143/152
Grade aradora arrasto	GRI-28X26"	3,65	160/180
Grade aradora arrasto	GRI-28X28"	3,65	160/180
Grade arrasto pneus	GRPI-12X26"	1,5	73/75
Grade arrasto pneus	GRPI-12X28"	1,5	73/75
Grade arrasto pneus	GRPI-14X26"	1,75	79/85
<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTÊNCIA [HP]</b>
Grade arrasto pneus	GRPI-16X26"	2	95/108
Grade arrasto pneus	GRPI-16X28"	2	95/108
Grade arrasto pneus	GRPI-18X26"	2,3	110/112
Grade arrasto pneus	GRPI-18X28"	2,3	110/112
Grade arrasto pneus	GRPI-20X26"	2,55	116/126
Grade arrasto pneus	GRPI-20X28"	2,55	116/126
Grade arrasto pneus	GRPI-24X26"	3,1	143/152
Grade arrasto pneus	GRPI-24X28"	3,1	143/152
Grade. aradora c. remoto	CRSG-12X24"	1,3	63/70
Grade. aradora c. remoto	CRSG-12X26"	1,3	63/70
Grade. aradora c. remoto	CRSG-14X24"	1,55	74/80
Grade. aradora c. remoto	CRSG-14X26"	1,55	74/80
Grade. aradora c. remoto	CRSG-16X24"	1,77	85/95
Grade. aradora c. remoto	CRSG-16X26"	1,77	85/95
Grade. aradora c. remoto	CRSG-18X24"	2	95/105
Grade. aradora c. remoto	CRSG-18X26"	2	95/105
Grade. aradora c. remoto	CRSG-20X24"	2,2	106/118
Grade. aradora c. remoto	CRSG-20X26"	2,2	106/118
Grade. aradora c. remoto	CRSG-24X24"	2,7	125/140
Grade. aradora c. remoto	CRSG-24X26"	2,7	125/140
Grade. aradora c. remoto	CRSG-28X24"	3,2	148/163
Grade. aradora c. remoto	CRSG-28X26"	3,2	148/163
Grade. aradora c. remoto	CRSG-32X26"	3,65	169/185
Grade. aradora c. remoto	CRSG-32X28"	3,65	169/185
Grade. aradora c. remoto	CRSG-36X26"	4,2	190/208
Grade. aradora c. remoto	CRSG-36X28"	4,2	190/208
Grade. aradora c. remoto	CRSG-40X26"	4,6	212/232
Grade. aradora c. remoto	CRSG-40X28"	4,6	121/232
Grade. aradora c. remoto	CRSG-48X26"	5,6	254/208
Grade. aradora c. remoto	CRSG-48X28"	5,6	254/280
Grade. a. leve c. remoto	CRSGL-18X24"	2	61/79
Grade. a. leve c. remoto	CRSGL-18X26"	2	61/79

Grade. a. leve c. remoto	CRSGL-20X24"	2,25	79/71
Grade. a. leve c. remoto	CRSGL-20X26"	2,25	79/71
Grade. a. leve c. remoto	CRSGL-22X24"	2,45	79/90
Grade. a. leve c. remoto	CRSGL-22X26"	2,45	79/90
Grade. a. leve c. remoto	CRSGL-24X24"	2,7	79/90
Grade. a. leve c. remoto	CRSGL-24X26"	2,7	79/90
Grade. a. intermediária	CRI-12X26"	1,5	71/76
Grade. a. intermediária	CRI-12X28"	1,5	71/76
Grade. a. intermediária	CRI-14X26"	1,75	83/88
Grade. a. intermediária	CRI-14X28"	1,75	83/88
Grade. a. intermediária	CRI-16X26"	2	95/100
Grade. a. intermediária	CRI-16X28"	2	95/100
Grade. a. intermediária	CRI-18X26"	2,3	106/114
Grade. a. intermediária	CRI-18X28"	2,3	106/114
<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTÊNCIA [HP]</b>
Grade. a. intermediária	CRI-20X28"	2,55	118/126
Grade. a. intermediária	CRI-24X26"	3,1	130/138
Grade. a. intermediária	CRI-24X28"	3,1	130/138
Grade. a. intermediária	CRI-26X26"	3,35	142/151
Grade. a. intermediária	CRI-26X28"	3,35	142/151
Grade. a. intermediária	CRI-28X26"	3,65	164/165
Grade. a. intermediária	CRI-28X28"	3,65	164/165
Grade. a. intermediária	CRI-32X26"	4,2	189/202
Grade. a. intermediária	CRI-32X28"	4,2	189/202
Grade. a. intermediária	CRI-36X26"	4,7	213/227
Grade. a. intermediária	CRI-36X28"	4,7	213/227
Grade. a. intermediária	CRI-40X26"	5,25	236/252
Grade. a. intermediária	CRI-40X28"	5,25	236/252
Grade. a. intermediária	CRI-44X26"	5,8	260/278
Grade. a. intermediária	CRI-44X28"	5,8	260/278
Grade tubarão c. remoto	GTCR-10X30"	1,53	98/110
Grade tubarão c. remoto	GTCR-10X32"	1,53	98/110
Grade tubarão c. remoto	GTCR-12X30"	1,87	118/125
Grade tubarão c. remoto	GTCR-12X32"	1,87	118/125
Grade tubarão c. remoto	GTCR-14X30"	2,39	140/150
Grade tubarão c. remoto	GTCR-14x32"	2,39	140/150
Grade tubarão c. remoto	GTCR-16X30"	2,55	155/168
Grade tubarão c. remoto	GTCR-16X32"	2,55	155/168
Grade tubarão c. remoto	GTCR-18X30"	2,89	175/190
Grade tubarão c. remoto	GTCR-18X32"	2,89	175/190
Grade tubarão c. remoto	GTCR-20X30"	3,23	200/210
Grade tubarão c. remoto	GTCR-20X32"	3,23	200/210
Grade tubarão c. remoto	GTCR-22X30"	3,57	222/230
Grade tubarão c. remoto	GTCR-22X32"	3,57	222/230
Grade tubarão c. remoto	GTCR-24X30"	3,91	240/250
Grade tubarão c. remoto	GTCR-24X32"	3,91	240/250
Grade tubarão c. remoto	GTCR-30X30"	4,93	300/310

Grade tubarão c. remoto	GTCR-30X32"	4,93	300/310
Grade aradora pesada	GTA-10X30"	1,53	90/100
Grade aradora pesada	GTA-10X32"	1,53	90/100
Grade aradora pesada	GTA-12X30"	1,87	108/120
Grade aradora pesada	GTA-12X32"	1,87	108/120
Grade aradora pesada	GTA-14X30"	2,39	126/140
Grade aradora pesada	GTA-14X32"	2,39	126/140
Grade aradora pesada	GTA-16X30"	2,55	144/160
Grade aradora pesada	GTA-16X32"	2,55	144/160
Grade aradora pesada	GTA-18X30"	2,89	162/180
Grade aradora pesada	GTA-18X32"	2,89	162/180
Grade aradora pesada	GTA-20X30"	3,23	180/200
Grade aradora pesada	GTA-20X32"	3,23	180/200
Grade tubarão pesada	GSPCR-10X32"	1,9	140/150
<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTÊNCIA [HP]</b>
Grade tubarão pesada	GSPCR-10X36"	1,9	140/150
Grade tubarão pesada	GSPCR-12X32"	2,35	168/180
Grade tubarão pesada	GSPCR-12X34"	2,35	168/180
Grade tubarão pesada	GSPCR-12X36"	2,35	168/180
Grade tubarão pesada	GSPCR-14X32"	2,8	196/210
Grade tubarão pesada	GSPCR-14X34"	2,8	196/210
Grade tubarão pesada	GSPCR-14X36"	2,8	196/210
Grade tubarão pesada	GSPCR-16X32"	3,2	220/240
Grade tubarão pesada	GSPCR-16X34"	3,2	220/240
Grade tubarão pesada	GSPCR-16X36"	3,2	220/240
Grade tubarão pesada	GSPCR-18X32"	3,65	250/280
Grade tubarão pesada	GSPCR-18X34"	3,65	250/280
Grade tubarão pesada	GSPCR-18X36"	3,65	250/280
Grade tubarão pesada	GSPCR-20X32"	4,1	270/300
Grade tubarão pesada	GSPCR-20X34"	4,1	270/300
Grade tubarão pesada	GSPCR-20X36"	4,1	270/300
Grade super pesada	GSPA-10X32"	1,9	115/130
Grade super pesada	GSPA-10X34"	1,9	115/130
Grade super pesada	GSPA-10X36"	1,9	115/130
Grade super pesada	GSPA-12X32"	2,35	135/156
Grade super pesada	GSPA-12X34"	2,35	135/156
Grade super pesada	GSPA-12X36"	2,35	135/156
Grade super pesada	GSPA-14X32"	2,8	145/182
Grade super pesada	GSPA-14X34"	2,8	145/182
Grade super pesada	GSPA-14X36"	2,8	145/182
Grade super pesada	GSPA-16X32"	3,2	170/208
Grade super pesada	GSPA-16X34"	3,2	170/208
Grade super pesada	GSPA-16X36"	3,2	170/208
Grade super pesada	GSPA-18X32"	3,65	190/235
Grade super pesada	GSPA-18X34"	3,65	190/235
Grade super pesada	GSPA-18X36"	3,65	190/235
Grade super pesada	GSPA-20X32"	4,1	215/265

Grade super pesada	GSPA-20X34"	4,1	215/265
Grade super pesada	GSPA-20X36"	4,1	215/265
Grade dupla a. c. remoto	GCRDA-32+2X24"	3,7	129/142
Grade dupla a. c. remoto	GCRDA-32+2X26"	3,7	129/142
Grade dupla a. c. remoto	GCRDA-36+2X24"	4,15	144/160
Grade dupla a. c. remoto	GCRDA-36+2X26"	4,15	144/160
Grade dupla a. c. remoto	GCRDA-40+2X24"	4,65	159/176
Grade dupla a. c. remoto	GCRDA-40+2X26"	4,65	159/176
Grade c. remoto 2ação	GCRDAL-24+2X24"	2,8	98/109
Grade c. remoto 2ação	GCRDAL-24+2X26"	2,8	98/109
Grade c. remoto 2ação	GCRDAL-28+2X24"	3,25	114/126
Grade c. remoto 2ação	GCRDAL-28+2X26"	3,25	114/126
Grade c. remoto 2ação	GCRDAL-32+2X24"	3,7	130/142
Grade c. remoto 2ação	GCRDAL-32+2X26"	3,7	130/142
<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTÊNCIA [HP]</b>
Grade c. remoto 2ação	GCRDAL-36+2X26"	4,15	144/159
Grade c. remoto 2ação	GCRDAL-40+2X24"	4,6	160/176
Grade c. remoto 2ação	GCRDAL-40+2X26"	4,6	160/176
Grade d. ação articulada	GCRDALA-48X24"	5,6	180/200
Grade d. ação articulada	GCRDALA-48X26"	5,6	180/200
Grade d. ação articulada	GCRDALA-52X24"	6	195/215
Grade d. ação articulada	GCRDALA-52X26"	6	195/215
Grade d. ação articulada	GCRDALA-56X24"	6,45	210/235
Grade d. ação articulada	GCRDALA-56X26"	6,45	210/235
Grade d. ação articulada	GCRDALA-60X24"	6,95	225/250
Grade d. ação articulada	GCRDALA-60X26"	6,95	225/250
Grade tandem inter	GCRTI-62X26"	8.505	280/320
Grade tandem inter	GCRTI-62X28"	8.505	280/320
Grade tandem inter	GCRTI-70X26"	9,6	315/340
Grade tandem inter	GCRTI-70X28"	9,6	315/340

Tabela 9 - Grades aradoras marchesan

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTENCIA [HP]</b>
Grade aradora	GA-12X26"	1,3	55/65
Grade aradora	GA-14X26"	1,5	70/75
Grade aradora	GA-16X26"	1,73	80/90
Grade aradora	GA-18X26"	1,96	95/105
Grade aradora	GA-20X26"	2,19	100/120
Grade aradora	GA-22X26"	2,42	115/130
Grade aradora	GA-24X26"	2,65	140/153
Grade a.mecânica	GAM-12X26"	1,3	55/65
Grade a.mecânica	GAM-14X26"	1,5	70/75
Grade a.mecânica	GAM-16X26"	1,73	80/90
Grade a.mecânica	GAM-18X26"	1,96	95/105
Grade a.mecânica	GAM-20X26"	2,19	100/120
Grade a.mecânica	GAM-22X26"	2,42	115/130
Grade a.mecânica	GAM-24X26"	2,65	140/153
G.aradora c. remoto	ATCR-14X26"	1,5	73/80
G.aradora c. remoto	ATCR-16X26"	1,73	80/90
G.aradora c. remoto	ATCR-18X26"	1,96	95/100
G.aradora c. remoto	ATCR-20X26"	2,19	100/120
G.aradora c. remoto	ATCR-22X26"	2,42	122/130
G.aradora c. remoto	ATCR-24X26"	2,65	140/153
G.aradora c. remoto	ATCR-28X28"	3,11	160/180
G.aradora intermediária	GAI-12X28"	1,5	70/75
G.aradora intermediária	GAI-14X28"	1,75	80/90
G.aradora intermediária	GAI-16X28"	2	95/105
G.aradora intermediária	GAI-18X28"	2,3	110/115
G.aradora intermediária	GAI-20X28"	2,57	118/130
G.aradora intermediária	GAI-24X28"	3,11	140/150
G.aradora intermediária	GAI-28X28"	3,65	160/180
G.aradora intermediária	GAI-32X28"	4,18	210/220
G.aradora intermediária	GAI-36X28"	4,72	230/250
G.aradora intermediária	GAI-40X28"	5,25	250/280
G. a.intermediária mec	GAIM-12X28"	1,5	75/80
G. a.intermediária mec	GAIM-14X28"	1,75	80/90
G. a.intermediária mec	GAIM-16X28"	2	95/105
G. a.intermediária mec	GAIM-18X28"	2,3	110/115
G. a.intermediária mec	GAIM-20X28"	2,57	118/130
G. a.intermediária c.r.	GAICR-14X28"	1,75	80/90
G. a.intermediária c.r.	GAICR-16X28"	2	95/105
G. a.intermediária c.r.	GAICR-18X28"	2,3	110/115
G. a.intermediária c.r.	GAICR-20X28"	2,57	118/130
G. a.intermediária c.r.	GAICR-24X28"	3,11	140/150
G. a.intermediária c.r.	GAICR-28X28"	3,65	160/180
G. a.intermediária c.r.	GAICR-32X28"	4,18	210/220
G. a.intermediária c.r.	GAICR-36X28"	4,72	230/250
G. a.intermediária c.r.	GAICR-40X28"	5,25	250/280

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTENCIA [HP]</b>
Grade aradora pesada	GAP-12X32"	1,87	110/120
Grade aradora pesada	GAP-14X32"	2,21	120/130
Grade aradora pesada	GAP-16X32"	2,55	140/160
Grade aradora pesada	GAP-18X32"	2,9	180/200
Grade aradora pesada	GAP-20X32"	3,23	220/240
Grade aradora pesada	GAP-24X32"	3,91	250/270
Grade aradora pesada	GAP-30X32"	4,93	280/300
Grade aradora pesada	GAPM-12X32"	1,87	110/120
Grade aradora pesada	GAPM-14X32"	2,21	120/130
Grade aradora pesada	GAPM-16X32"	2,55	140/160
Grade aradora pesada	GAPM-18X32"	2,9	180/200
Grade aradora pesada	GAPM-20X32"	3,23	220/240
Grade aradora pesada	GAPM-24X32"	3,91	250/270
Grade aradora pesada	GAPM-30X32"	4,93	280/300
Grade a. pesada c. r.	GAPCR-12X32"	1,87	120/130
Grade a. pesada c. r.	GAPCR-14X32"	2,21	140/150
Grade a. pesada c. r.	GAPCR-16X32"	2,55	150/170
Grade a. pesada c. r.	GAPCR-18X32"	2,89	180/200
Grade a. pesada c. r.	GAPCR-20X32"	3,23	220/240
Grade a. pesada c. r.	GAPCR-24X32"	3,91	240/260
Grade a. pesada c. r.	GAPCR-30X32"	4,93	270/280
Grade a. super pesada	GASP-10X32"	1,77	155/170
Grade a. super pesada	GASP-12X32"	2,21	190/210
Grade a. super pesada	GASP-14X34"	2,65	210/222
Grade a. super pesada	GASP-16X34"	3,1	230/2250
Grade a. super pesada	GASP-18X36"	3,52	260/280
Grade a. super pesada	GASP-20X36"	4	280/300
Grade a. super p mec.	GASPM-10X32"	1,77	155/170
Grade a. super p mec	GASPM-12X32"	2,21	190/210
Grade a. super p mec	GASPM-14X34"	2,65	210/222
Grade a. super p mec	GASPM-16X34"	3,1	230/2250
Grade a. super p mec	GASPM-18X36"	3,52	260/280
Grade a. super p mec	GASPM-20X36"	4	280/300
Grade a. super p c. r.	GASPCR-10X32"	1,77	150/170
Grade a. super p c. r.	GASPCR-12X32"	2,21	180/200
Grade a. super p c. r.	GASPCR-14X34"	2,65	220/230
Grade a. super p c. r.	GASPCR-16X34"	3,1	240/260
Grade a. super p c. r.	GASPCR-18X36"	3,52	260/270
Grade a. super p c. r.	GASPCR-20X36"	4	270/280
Grade a. super p c. r.	GASPCR-22X36"	4,44	290/300



Tabela 10- Grades niveladoras marchesan

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTÊNCIA [HP]</b>
Grade hidráulica	GH-16X20"	1,5	44/50
Grade hidráulica	GH-20X20"	1,87	50/55
Grade hidráulica	GH-24X20"	2,25	60/70
Grade hidráulica	GH-28X20"	2,62	75/80
Grade hidráulica	GH-32X20"	3	85/90
Grade hidráulica	GH-36X20"	3,38	95/100
Grade niv. leve	GNL-20X20"	1,55	50/60
Grade niv. leve	GNL-24X20"	1,9	60/65
Grade niv. leve	GNL-28X20"	2,2	70/75
Grade niv. leve	GNL-32X20"	2,55	80/90
Grade niv. leve	GNL-36X20"	2,9	85/95
Grade niv. leve	GNL-42X20"	3,4	95/100
Grade niveladora	GN-24X22"	2,14	70/75
Grade niveladora	GN-28X22"	2,53	70/75
Grade niveladora	GN-32X22"	2,92	80/90
Grade niveladora	GN-36X22"	3,31	80/90
Grade niveladora	GN-40X22"	3,7	97/105
Grade niveladora	GN-44X22"	4,09	97/105
Grade niveladora	GN-48X22"	4,48	110/115
Grade niveladora	GN-52X22"	4,87	120/130
Grade niveladora	GN-56X22"	5,26	120/130
Grade niveladora	GN-60X22"	5,65	140/150
Grade niv. mecânica	GNM-36X22"	3,31	80/90
Grade niv. mecânica	GNM-40X22"	3,7	97/105
Grade niv. mecânica	GNM-44X22"	4,09	97/105
Grade niv. mecânica	GNM-48X22"	4,48	110/115
Grade niv. mecânica	GNM-52X22"	4,87	120/130
Grade niv. mecânica	GNM-56X22"	5,26	120/130
Grade niv. mecânica	GNM-60X22"	5,65	140/150
Grade niv. Flutuante	GNF-28X20"	2,53	70/75
Grade niv. Flutuante	GNF-32X20"	2,92	80/90
Grade niv. Flutuante	GNF-36X20"	3,31	80/90
Grade niv. Flutuante	GNF-40X20"	3,7	97/105
Grade niv. Flutuante	GNF-44X20"	4,09	97/105
Grade niv. Flutuante	GNF-48X20"	4,48	110/115
Grade niv. Flutuante	GNF-52X20"	4,87	120/130
Grade niv. Flutuante	GNF-56X20"	5,26	120/130
Grade niv. Flutuante	GNF-60X20"	5,65	140/150
Grade niv. Flutuante	GNF-64X20"	6,04	140/150
Grade niv. Flutuante	GNF-68X20"	6,43	160/180
Grade niv. Flutuante	GNF-72X20"	6,82	160/180
Grade niv. F. mecânica	GNFM-36X22"	3,31	80/90
Grade niv. F. mecânica	GNFM-40X22"	3,7	97/105
Grade niv. F. mecânica	GNFM-44X22"	4,09	97/105
Grade niv. F. mecânica	GNFM-48X22"	4,48	110/115

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTENCIA [HP]</b>
Grade niv. F. mecânica	GNFM-52X22"	4,87	120/130
Grade niv. F. mecânica	GNFM-56X22"	5,26	120/130
Grade niv. F. mecânica	GNFM-60X22"	5,65	140/150
Grade niv. F. mecânica	GNFM-64X22"	6,04	140/150
Grade niv. F. mecânica	GNFM-68X22"	6,43	160/180
Grade niv. F. mecânica	GNFM-72X22"	6,82	160/180
Grade niv. c. remoto	GNCR-32X22"	2,92	85/90
Grade niv. c. remoto	GNCR-36X22"	3,31	97/105
Grade niv. c. remoto	GNCR-40X22"	3,7	105/115
Grade niv. c. remoto	GNCR-44X22"	4,09	115/125
Grade niv. c. remoto	GNCR-48X22"	4,48	125/135
Grade niv. dobrável hd	GND-44X22"	4.095	116/120
Grade niv. dobrável hd	GND-48X22"	4.485	125/135
Grade niv. dobrável hd	GND-52X22"	4.875	140/150
Grade niv. dobrável hd	GND-56X22"	5,46	160/180
Grade niv. dobrável hd	GNDH-44X22"	4.095	116/120
Grade niv. dobrável hd	GNDH-48X22"	4.485	125/135
Grade niv. dobrável hd	GNDH-52X22"	4.875	140/150
Grade niv. dobrável hd	GNDH-56X22"	5,46	160/180
Grade niv. artic. c. r.	GNACR-64X22"	6,04	180
Grade niv. artic. c. r.	GNACR-72X22"	6,82	210
Grade niv. artic. c. r.	GNACR-76X22"	7,21	240
Grade niv. artic. c. r.	GNACR-84X22"	8	280
Grade niv. artic. c. r.	GNACR-92X22"	8,77	310
Grade niv. artic. c. r.	GNACR-96X22"	9,16	320
Grade niv. artic. c. r.	GNACR-100X22"	9,55	340
Grade laranjeira	GLHA-20X18"	1,7	50
Grade laranjeira	GLHA-22X18"	1,9	60
Grade laranjeira	GLHA-24X18"	2,1	70
Grade niv. Leve c. r.	GNLCR-24X18"	1,9	70/75
Grade niv. Leve c. r.	GNLCR-28X18"	2,2	70/75
Grade niv. Leve c. r.	GNLCR-32X18"	2,55	70/75
Grade niv. Leve c. r.	GNLCR-36X18"	2,9	80/85

Tabela 11 - Grades niveladoras baldan

NOME	MODELO	LARGURA [M]	POTENCIA [HP]
Grade hidráulica	HIB-16X18"	1,25	35 à 40
Grade hidráulica	HIB-16X20"	1,25	35 à 40
Grade hidráulica	HIB-20X18"	1,6	46 à 50
Grade hidráulica	HIB-20X20"	1,6	46 à 50
Grade hidráulica	HIB-24X18"	1,95	55 à 60
Grade hidráulica	HIB-24X20"	1,95	55 à 60
Grade hidráulica	HIB-28X18"	2,3	60 à 70
Grade hidráulica	HIB-28X20"	2,3	60 à 70
Grade hidráulica	HIB-32X18"	2,65	70 à 80
Grade hidráulica	HIB-32X20"	2,65	70 à 80
Grade lambari	HI-16X18"	1,25	35 à 40
Grade lambari	HI-16X20"	1,25	35 à 40
Grade lambari	HI-20X18"	1,6	44 à 48
Grade lambari	HI-20X20"	1,6	44 à 48
Grade lambari	HI-24X18"	1,95	51 à 61
Grade lambari	HI-24X20"	1,95	51 à 61
Grade lambari	HI-28X18"	2,3	61 à 75
Grade lambari	HI-28X20"	2,3	61 à 75
Grade lambari	HI-32X18"	2,65	75 à 85
Grade lambari	HI-32X20"	2,65	75 à 85
Grade lambari	HI-36X18"	3	85 à 100
Grade lambari	HI-36X20"	3	85 à 100
Grade carpideira leve	CFL-18X16"	1,57	41 à 50
Grade carpideira leve	CFL-18X18"	1,57	41/50
Grade carpideira leve	CFL-20X16"	1,75	46 à 55
Grade carpideira leve	CFL-20X18"	1,75	46 à 55
Grade carpideira leve	CFL-22X16"	1,94	51 à 60
Grade carpideira leve	CFL-22X18"	1,94	51 à 60
Grade carpideira leve	CFL-24X16"	2,1	55 à 65
Grade carpideira leve	CFL-24X18"	2,1	55 à 65
Grade laranjeira	GLCR-24X16"	2.015	60 à 70
Grade laranjeira	GLCR-24X18"	2.015	60 à 70
Grade laranjeira	GLCR-26X16"	2,19	65 à 73
Grade laranjeira	GLCR-26X18"	2,19	65 à 73
Grade laranjeira	GLCR-28X16"	2.365	70 à 80
Grade laranjeira	GLCR-28X18"	2.365	70 à 80
Grade s. peixe	SPR-20X18"	1,7	46/41
Grade s. peixe	SPR-20X20"	1,7	46/51
Grade s. peixe	SPR-20X22"	1,7	46/51
Grade s. peixe	SPR-24X18"	2,1	55/61
Grade s. peixe	SPR-24X20"	2,1	55/61
Grade s. peixe	SPR-24X22"	2,1	55/61
Grade s. peixe	SPR-28X18"	2,35	65/70
Grade s. peixe	SPR-28X20"	2,35	65/70
Grade s. peixe	SPR-28X22"	2,35	65/70

Grade s. peixe	SPR-32X18"	2,7	73/80
<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTENCIA [HP]</b>
Grade s. peixe	SPR-32X20"	2,7	73/80
Grade s. peixe	SPR-32X22"	2,7	73/80
Grade s. peixe	SPR-36X18"	3	85/90
Grade s. peixe	SPR-36X20"	3	85/90
Grade s. peixe	SPR-36X22"	3	85/90
Grade s. peixe	SPR-42X18"	3,6	95/105
Grade s. peixe	SPR-42X20"	3,6	95/105
Grade s. peixe	SPR-42X22"	3,6	95/105
Grade niveladora	NV-28X20"	2,35	73/79
Grade niveladora	NV-28X22"	2,35	73/79
Grade niveladora	NV-32X20"	2,7	83/89
Grade niveladora	NV-32X22"	2,7	83/89
Grade niveladora	NV-36X20"	3	93/100
Grade niveladora	NV-36X22"	3	93/100
Grade niveladora	NV-40X20"	3,42	104/112
Grade niveladora	NV-40X22"	3,42	104/112
Grade niveladora	NV-42X20"	3,6	109/118
Grade niveladora	NV-42X22"	3,6	109/118
Grade niveladora	NV-44X20"	3,76	114/123
Grade niveladora	NV-44X22"	3,76	114/123
Grade niveladora	NV-48X20"	4,1	124/134
Grade niveladora	NV-48X22"	4,1	124/134
Grade niveladora	NV-52X20"	4,45	135/145
Grade niveladora	NV-50X22"	4,45	135/145
Grade niv. pneus	NVP-28X20"	2,35	73/79
Grade niv. pneus	NVP-28X22"	2,35	73/79
Grade niv. pneus	NVP-32X20"	2,7	83/89
Grade niv. pneus	NVP-32X22"	2,7	83/89
Grade niv. pneus	NVP-36X20"	3	93/100
Grade niv. pneus	NVP-36X22"	3	93/100
Grade niv. pneus	NVP-40X20"	3,42	104/112
Grade niv. pneus	NVP-40X22"	3,42	104/112
Grade niv. pneus	NVP-42X20"	3,6	109/118
Grade niv. pneus	NVP-42X22"	3,6	109/118
Grade niv. pneus	NVP-44X20"	3,76	114/123
Grade niv. pneus	NVP-44X22"	3,76	114/123
Grade niv. pneus	NVP-48X20"	4,1	124/134
Grade niv. pneus	NVP-48X22"	4,1	124/134
Grade niv. pneus	NVP-52X20"	4,45	135/145
Grade niv. pneus	NVP-52X22"	4,45	135/145
Grade niv. flutuante	NVF-24X18"	2,1	inf
Grade niv. flutuante	NVF-24X20"	2,1	inf
Grade niv. flutuante	NVF-26X18"	2,3	inf
Grade niv. flutuante	NVF-26X20"	2,3	inf
Grade niv. flutuante	NVF-28X18"	2,5	inf

Grade niv. flutuante	NVF-28X20"	2,5	inf
Grade niv. flutuante	NVF-32X18"	2,85	inf
<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTENCIA [HP]</b>
Grade niv. flutuante	NVF-32X20"	2,85	inf
Grade niv. flutuante	NVF-36X18"	3,25	inf
Grade niv. flutuante	NVF-38X20"	3,25	inf
Grade niv. flutuante	NVF-40X18"	3,6	inf
Grade niv. flutuante	NVF-40X20"	3,6	inf
Grade niv. flutuante	NVF-44X18"	3,95	inf
Grade niv. flutuante	NVF-44X20"	3,95	inf
Grade niv.c. r.	NVCR-28X20"	2,35	72 à 78
Grade niv.c. r.	NVCR-28X22"	2,35	72/78
Grade niv.c. r.	NVCR-32X20"	2,7	83 à 90
Grade niv.c. r.	NVCR-32X22"	2,7	83 à 90
Grade niv.c. r.	NVCR-36X20"	3	93 à 100
Grade niv.c. r.	NVCR-36X22"	3	93 à 100
Grade niv.c. r.	NVCR-40X20"	3,42	104 à 112
Grade niv.c. r.	NVCR-40X22"	3,42	104 à 112
Grade niv.c. r.	NVCR-42X20"	3,6	110 à 118
Grade niv.c. r.	NVCR-42X22"	3,6	110 à 118
Grade niv.c. r.	NVCR-44X20"	3,76	115 à 123
Grade niv.c. r.	NVCR-44X22"	3,76	115 à 123
Grade niv.c. r.	NVCR-48X20"	4,1	125 à 135
Grade niv.c. r.	NVCR-48X22"	4,1	125 à 135
Grade niv.c. r.	NVCR-52X20"	4,45	135 à 145
Grade niv.c. r.	NVCR-52X22"	4,45	135 à 145
Grade niv. delfim	NVAM-36X20"	3	90/95
Grade niv. delfim	NVAM-36X22"	3	90/95
Grade niv. delfim	NVAM-42X20"	3,6	110/118
Grade niv. delfim	NVAM-42X22"	3,6	110/118
Grade niv. delfim	NVAM-44X20"	3,76	115/123
Grade niv. delfim	NVAM-44X22"	3,76	115/123
Grade niv. delfim	NVAP-44X20"	3,76	115/123
Grade niv. delfim	NVAP-44X22"	3,76	115/123
Grade niv. delfim	NVAM-48X20"	4,1	125/135
Grade niv. delfim	NVAM-48X22"	4,1	125/135
Grade niv. delfim	NVAP-48X20"	4,1	125/135
Grade niv. delfim	NVAP-48X22"	4,1	125/135
Grade niv. delfim	NVAM-52X20"	4,45	135/145
Grade niv. delfim	NVAM-52X22"	4,45	135/145
Grade niv. delfim	NVAP-52X20"	4,45	135/145
Grade niv. delfim	NVAP-52X22"	4,45	135/145
Grade niv. delfim	NVAM-56X20"	4,81	145/156
Grade niv. delfim	NVAM-56X22"	4,81	145/156
Grade niv. delfim	NVAP-56X20"	4,81	145/156
Grade niv. delfim	NVAP-56X22"	4,81	145/156
Grade niv. S. delfim	SNAVM-56X20"	5,5	168/190

Grade niv. S. delfim	SNAVM-56X22"	5,5	168/190
Grade niv. S. delfim	SNAVP-56X20"	5,5	168/190
Grade niv. S. delfim	SNAVP-56X22"	5,5	168/190
<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>POTENCIA [HP]</b>
Grade niv. S. delfim	SNAVM-60X20"	5,9	180/204
Grade niv. S. delfim	SNAVM-60X22"	5,9	180/204
Grade niv. S. delfim	SNAVM-64X20"	6,3	192/218
Grade niv. S. delfim	SNAVM-64X22"	6,3	192/218
Grade niv. S. delfim	SNAVP-64X20"	6,3	192/218
Grade niv. S. delfim	SNAVP-64X22"	6,3	192/218
Grade niv. S. delfim	SNAVP-68X20"	6,7	205/230
Grade niv. S. delfim	SNAVP-68X22"	6,7	205/230
Grade niv. S. delfim	SNAVP-72X20"	7,1	220/250
Grade niv. S. delfim	SNAVP-72X22"	7,1	220/250
Grade niv. S. delfim	SNAVP-76X20"	6,55	212/228
Grade niv. S. delfim	SNAVP-76X22"	6,55	212/228
Grade niv. S. delfim	SNAVP-84X22"	7,26	236/252
Grade niv. S. delfim	SNAVP-84X22"	7,26	236/252

Tabela 12 - Escarificadores baldan

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA[M]</b>	<b>Nº HASTES</b>	<b>POT [HP]</b>
Arado esc.hidráulico	AETH-7/5	1,22	5	50 à 65
Arado esc.hidráulico	AETH-7/7	1,83	7	70 à 91
Arado esc.hidráulico	AETH-11/9	2,44	9	90 à 117
Arado esc.hidráulico	AETH-11/11	3,05	11	110 à 143
Arado esc.tubular	AETCR/D-7/5	1,22	5	65 à 75
Arado esc.tubular	AETCR/D-7/7	1,83	7	91à 105
Arado esc.tubular	AETCR/D-11/9	2,44	9	117 à 135
Arado esc.tubular	AETCR/D-11/11	3,05	11	143 à 165
Arado esc.tubular	AETCR-7/5	1,22	5	65 à 75
Arado esc.tubular	AETCR-7/7	1,83	7	91 à 105
Arado esc.tubular	AETCR-11/9	2,44	9	117 à 135
Arado esc.tubular	AETCR-11/11	3,05	11	143 à 165

Tabela 13 - Escarificadores marchesan

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA[M]</b>	<b>Nº HASTES</b>	<b>POT [HP]</b>
Arado esc. hidráulico	AELH-7/5	1,2	5	70
Arado esc. hidráulico	AELH-7/7	1,8	7	100
Arado esc. hidráulico	AELH-11/9	2,4	9	125
Arado esc. hidráulico	AELH-11/11	3	11	155
Arado esc. C. remoto	AECR-5	1,75	5	70
Arado esc. C. remoto	AECR-5+2	2,45	7	100
Arado esc. C. remoto	AECR-9	3,15	9	125
Arado esc. C. remoto	AECR-10	3,05	10	140
Arado esc. C. remoto	AECR-9+2	3,85	11	155

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>Nº HASTES</b>	<b>POT [HP]</b>
Arado esc. C. remoto	AECR-10+2	3,66	12	170
Arado esc. C. remoto	AECR-9+4	4,55	13	180
Arado esc. C. remoto	AECR-10+4	4,27	14	195
Arado esc. C. remoto	AECR-16	4,88	16	225
Arado esc. C. remoto	AECR-18	5,49	18	250
Arado esc. C. remoto	AECR-20	6,1	20	280
Arado esc. C. remoto	AECR-22	6,71	22	310
Arado esc. C. remoto	AECR-24	7,32	24	335
Arado esc. C. remoto	AECR-26	7,93	26	365

Tabela 14 - Subsoladores marchesan

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>Nº HASTES</b>	<b>POT [HP]</b>
Arado subsolador tatu	AST-3/3	0,69	3	55/65
Arado subsolador tatu	AST-5/3	1,56	3	55/65
Arado subsolador tatu	AST-5/5	1,56	5	70/80
Arado subsolador tatu	AST-9/5	2	5	70/80
Arado subsolador tatu	AST-9/7	1,92	7	90/105
Arado subsolador tatu	AST-9/9	2	9	115/130
Arado subsolador tatu	AST-11/9	2,48	9	115/130
Arado subsolador tatu	AST-11/11	2,65	11	140/150
Arado subsolador c. r.	ASCR-5	1,8	5	100
Arado subsolador c. r.	ASCR-7	2,6	7	140
Arado subsolador c. r.	ASCR-9	3,5	9	200
AST/MATIC				

Tabela 15 - Subsoladores baldan

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>Nº HASTES</b>	<b>POT [HP]</b>
Arado sub. C. remoto	ASDACR-11	3,75	11	200/220
Arado sub. C. remoto	ASDACR-13	4,5	13	234/260
Arado sub. C. remoto	ASDACR-5	1,5	5	100/125
Arado sub. C. remoto	ASDACR-7	2,25	7	126/140
Arado sub. C. remoto	ASDACR-9	3	9	162/180
Arado sub. Destorroador	ASDADR-11	3,75	11	220/275
Arado sub. Destorroador	ASDADR-13	4,5	13	250/300
Arado sub. Destorroador	ASDADR-5	1,5	5	100/125
Arado sub. Destorroador	ASDADR-7	2,25	7	140/175
Arado sub. Destorroador	ASDADR-9	3	9	180/215
Arado sub. Destorroador	ASDAH-11	3,75	11	220/275
Arado sub. hidráulico	ASDAH-5	1,5	5	90/115
Arado sub. hidráulico	ASDAH-7	2,25	7	126/140
Arado sub. hidráulico	ASDAH-9	3	9	162/180
Arado sub. hidráulico	ASTH-11/11	2,6	11	160/190
Arado sub. hidráulico	ASTH-11/9	2,6	9	140/165
Arado sub. hidráulico	ASTH-3/3	0,62	3	61/65
Arado sub. hidráulico	ASTH-5/3	1,24	3	70/75

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>Nº HASTES</b>	<b>POT [HP]</b>
Arado sub. hidráulico	ASTH-5/5	1,24	5	75/90
Arado sub. hidráulico	ASTH-7/5	1,56	5	80/95
Arado sub. hidráulico	ASTH-7/7	1,56	7	105/126
Arado sub. hidráulico	ASTH-9/5	2,08	5	80/100
Arado sub. hidráulico	ASTH-9/7	2,08	7	110/130
Arado sub. hidráulico	ASTH-9/9	2,08	9	135/160

Tabela 16 - Subsoladores jan

<b>NOME</b>	<b>MODELO</b>	<b>LARGURA [M]</b>	<b>Nº HASTES</b>	<b>POT [HP]</b>
	AS-11/11	2,97	11	
	AS-11/9	3,06	9	
	AS-13/11	3,52	11	
	AS-13/13	3,51	13	
	AS-13/13	4,16	13	
	AS-15/15	5,25	15	
	AS-3/3	1,68	3	
	AS-5/3	1,68	3	
	AS-5/5	2	5	
	AS-9/5	2	5	
	AS-9/7	2,38	7	
	AS-9/9	2,25	9	
	ASA-11/11	2,97	11	
	ASA-11/9	3,06	9	
	ASA-13/11	3,52	11	
	ASA-13/13	3,51	13	
	ASA-15/13	4,16	13	
	ASA-15/15	5,25	15	
	ASA-9/5	2	5	
	ASA-9/7	2,38	7	
	ASA-9/9	2,25	9	
	JMAD-11	4,4	11	
	JMAD-5	2	5	
	JMAD-7	2,8	7	
	JMAD-9	3,6	9	
	JMHD-3	1,6	3	
	JMHD-5	2	5	
	JMHD-7	2,8	7	



Tabela 17 – tratores Agrale

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência</b>
<b>Agrale</b>	BX 60, BX 4.60	57cv	Agrale – Linha 5000	5050, 5050.4E	50cv
	BX 90, BX 4.90	83cv		5060 (Turbo)	60cv
	BX 100	91cv		5060.4 (Turbo)	60cv
	BX 4.110	103cv		5060E (Turbo)	60cv
	BX 130	116cv		5060.4E (Turbo)	60cv
	BX 4.130	123cv		5070, 5070.4	70cv
	BX 4.150	140cv			

Tabela 18 – tratores Case

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência</b>
CASE	2470, 4490	212cv
	7240	244cv
	MX 110	110cv
	MX 120	120cv
	MX 135	135cv
	MAGNUM 8920	190cv
	MAGNUM 8940	240cv
	STEIGER 9350	310cv
	STEIGER 9330	235cv
	QUADTRAC	360cv

Tabela 19 – tratores Ford New Holland

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência</b>
FORD NEW HOLLAND	4630	63cv	NEW HOLLAND - Linha TL/TM	TL 65	64cv
	5030	75cv		TL 70	71cv
	5630	80cv		TL 80	80cv
	6630	90cv		TL 90	90cv
	7630	103cv		TL 100	100cv
	7830	112cv		TL 110	110cv
	8030	123cv		TL 120	121cv
	8430 DT	140cv		TL 130	130cv
	8630 DT	160cv		TM 140	140cv
	8830 DT	180cv			
	8970	240cv			

Tabela 20 – tratores M. Ferguson

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência</b>
M. FERGUSON	235, 235 -Estreito	51cv	M. FERGUSON	680	173cv
	265, 265-4, 265 Estreito	65cv		3690	200cv
	275, 275-4	75cv		9240	255cv
	283, 283-4, 290, 290-4	86cv		5275, 5275-4	72cv
	292, 292-4	105cv		5285, 5285-4	85cv
	297, 297-4	110cv		5290, 5290-4	88cv
	299, 299-4 (Turbo)	126cv		5300	95cv
	610	86cv		5310	105cv
	620	105cv		5320	120cv
	630, 640	115cv			
	650	138cv			
	660	150cv			

Tabela 21 – tratores Valtra-Valmet

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência</b>
VALTRA-VALMET	885 S, 885 S Premium	85cv
	885 TS, 885 TS-4	94cv
	985 (Turbo)	90cv
	985-4 (Turbo)	100cv
	985 S	105cv
	1180	113cv
	1180 S	118cv
	1280	123cv
	1380	130cv
	1580 (Turbo)	145cv
	1680 S	150cv
	1780 (Turbo)	167cv
	1880 S	170cv
VALTRA-VALMET	600	60cv
	700	70cv
	800	80cv
	685, 685-4, 685 Frut., 685-4 Frut.	61cv
	785, 785-4, 785 Frut., 785-4 Frut.	75cv
	885, 885-4	80cv

Quadro 7 - Tratores de esteira

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência (HP/KW)</b>	<b>Peso (ton)</b>
FiatAllis	7D	90/67	9,4
FiatAllis	FD110	100/75	9,6
FiatAllis	FD130	120/89,5	12,1
FiatAllis	D350	349/257	36,2/38
FiatAllis	FD179	170/127	16,58
Caterpillar	D6N XL	145/108	15,5
Caterpillar	D6R XL	185/138	18,7
Caterpillar	D8G SERIES II	310/231	37,9

Quadro 8 - Pás carregadoras

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência (HP/KW)</b>	<b>Peso (ton)</b>	<b>Capacidade caçamba (m<sub>3</sub>)</b>
FiatAllis	FR12B	123/92	10	1,52/2,28
FiatAllis	FW140	140/104	11,02	1,5/ 5
FiatAllis	FW160	160/119	12,7	1,91/2,5
FiatAllis	FW200	202/151	16,7	2,1/3,2
Case	521D	118/88	9,8	1,5/2,3
Case	721C	165/123	13,5	2,3
Case	821C	200/149	17,2	2,3/3
Case	921C	270/201,5	22,9	3,6/3,8
Case	W20E	152/113	10,3	1,5/2,3

Quadro 9 – Motoniveladoras

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência (HP/KW)</b>	<b>Largura da Lâmina (m)</b>	<b>Peso Operacional (ton)</b>
Case	845	150/111,9	3,66	13,5
Caterpillar	120H	140/104	*****	12,7/16,9
Caterpillar	135H	155/116	*****	13/18,2
Caterpillar	12H	165/123	*****	20,8/14,2
Caterpillar	140H	185/138	*****	21,3/14,7
Caterpillar	160H	200/149	*****	22,3/15,7
FiatAllis	FG140B	140/104	3,6	15,5
FiatAllis	FG170B	170/127	3,9	14,5
FiatAllis	FG200B	200/149	4,3	17,3

Quadro 10 – Compactadores

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência (HP/KW)</b>	<b>Peso Operação (ton)</b>
Caterpillar	CS-423e	80/60	6,8
Caterpillar	CS-531d	145/108	9,4
Caterpillar	CP-533D	145/108	9,7
Caterpillar	CS-533D	145/108	10

## Anexo 2 - Biblioteca de Cálculo do programa

Nesta biblioteca estão representadas já na linguagem de programação todas as rotinas elaboradas para a obtenção dos valores desejados; ou seja todos os cálculos realizados pelo programa. Cada um dos procedimentos servirá para um ou mais formulários onde serão chamados.

### **unit u\_BibliotecaContas;**

interface

uses QDialogs, SysUtils, QStdCtrls, Math;

//funcoes existentes

//PUBLICAS

{ frm\_aracao }

function CapacidadeProducao(\_Svc: String; \_Sce: String; \_Sl: String): String;

procedure AnalisedeCustos(\_Scft: String; \_Scvt: String; \_Scvi: String; \_Scfi: String;  
\_Scce: String;

var \_Scti: String; var \_Sctt: String; var \_Sct: String; var \_Sch: String);

{ frm\_custofixoimplemento }

procedure DepreciacaoImplemento(\_Sh: String; \_Si: String; \_Sva: String; var \_Svdf:  
String; var \_Sd: String);

{ + frm\_custofixotrator }

function CustoFixoImplemento(\_Sp1: String; \_Sp2: String; \_Sva: String; \_Sh: String;  
\_Sd: String): String;

function CustoHorarioImplemento(\_Shua: String; \_Shvu: String; \_Sva: String): String;

{ frm\_custofixotrator }

procedure DepreciacaoTrator(\_Sh: String; \_Si: String; \_Sva: String; var \_Svdf: String;  
var \_Sd: String);

implementation

```
uses u_RotinasFormatacao;
```

```
{*****
```

```
recebe três valores e retorna sua somatória dividido por 10
```

```
-> chamado por: frm_aracao
```

```
*****}
```

```
function CapacidadeProducao(_Svc: String; _Sce: String; _Sl: String): String;
```

```
var
```

```
  _vc, _ce, _l : real;
```

```
begin
```

```
  try
```

```
    _vc:= StrToFloat(_Svc);
```

```
    _ce:= StrToFloat(_Sce);
```

```
    _l := StrToFloat(_Sl);
```

```
    //vai devolver o valor com duas casas decimais
```

```
    CapacidadeProducao := FormataFloat(FloatToStr((_vc * _ce * _l)/10));
```

```
  except
```

```
    ShowMessage('Valores inválidos para a conta!');
```

```
    CapacidadeProducao := '';
```

```
  end;
```

```
end;
```

```
{*****
```

```
faz o calculo de Análise de custo médio por operacao
```

```
-> chamado por: frm_aracao
```

```
*****}
```

```

procedure AnalisedeCustos(_Scft: String; _Scvt: String; _Scvi: String; _Scfi: String;
_Scce: String;
var _Scti: String; var _Sctt: String; var _Sct: String; var _Sch: String);
var _cvt, _cft, _cvi, _cfi, _ctt, _cti, _ct, _cce, _ch: Double;
begin
try
_cft:= StrToFloat(_Scft);
_cvt:= StrToFloat(_Scvt);
_cvi:= StrToFloat(_Scvi);
_cfi:= StrToFloat(_Scfi);
_cce:= StrToFloat(_Scce);
_ctt:= _cft + _cvt ;
_cti:= _cvi + _cfi ;
_ct := _ctt + _cti;
_ch := _ct/_cce;
_Scti := FormataFloat(FloatToStr(_cti));
_Sctt := FormataFloat(FloatToStr(_ctt));
_Sct := FormataFloat(FloatToStr(_ct));
_Sch := FormataFloat(FloatToStr(_ch));
except
ShowMessage('Valores inválidos para a conta!');
_Scti := "";
_Sctt := "";
_Sct := "";
_Sch := "";
end;
end;

{*****}
faz o calculo de Análise de depreciacao de um implemento
-> chamado por: frm_custofixoimplemento

```

```

*****}
procedure DepreciacaoImplemento(_Sh: String; _Si: String; _Sva: String; var _Svdf:
String; var _Sd: String);
var
    _h, _i, _d, _va, _vd, _cns, _cn, _i1, _vd1, _vdf: Double;
// i= idade da maquina, va = valor de aquisição, h_ horas de utilização
begin
    try
        // calculo da depreciação
// _h:= strtofloat(edtperiododeutilizacao.text);
// _va:=strtofloat(edtvalordeaquisicao.text);
// _i:= strtofloat(edtidade.text);
        _h := StrToFloat(_Sh);
        _i := StrToFloat(_Si);
        _va := StrToFloat(_Sva);
        _i1 := _i+1;
        _cn := power(0.885,_i);
        _vd := 0.6 * _cn * _va ;
        _cns := power(0.885,_i1);
        _vd1 := 0.6*_cns*_va;
// vdf = valor residual da maquina após um ano
        _vdf := _va- (_vd - _vd1);
// d= depreciação por hora de uso
        _d := (_vd-_vd1)/_h;
//devolve formatado com duas casas decimais
        _Svdf := FormataFloat(FloatToStr(_vdf));
        _Sd := FormataFloat(FloatToStr(_d));
    except
        ShowMessage('valores inválidos para a conta');
        _Svdf := "";
        _Sd := "";
    end try;
end;

```

```

end;
end;

{*****}
faz o calculo do custo fixo de um implemento
-> chamado por: frm_custofixoimplemento
*****}

function CustoFixoImplemento(_Sp1: String; _Sp2: String; _Sva: String; _Sh: String; _Sd:
String): String;
var
    _hal, _es, _cft, _p1, _p2, _va, _d, _h: real;
// h= horas de utilização,p1 e p2 = porcentagem dos custos de alojamento e seguros
begin
    try
        //calculo do custo fixo total
        _p1 := StrToFloat(_Sp1);
        _p2 := StrToFloat(_Sp2);
        _va := StrToFloat(_Sva);
        _h := StrToFloat(_Sh);
        _d := StrToFloat(_Sd);
        // custo horario de alojamento
        _hal := (_p1*_va)/(100* _h);
        // custo horario de encargos e seguros
        _es := (_p2*_va)/(100 * _h);
        _cft := _d + _hal + _es ;
        CustoFixoImplemento := FormataFloat(FloatToStr(_cft));
    except
        ShowMessage('valores inválidos para a conta');
        CustoFixoImplemento := "";
    end;
end;

```



```

{*****}
faz o calculo do custo horario/variavel de um implemento
-> chamado por: frm_custofixoimplemento
*****}

function CustoHorarioImplemento(_Shua: String; _Shvu: String; _Sva: String): String;
var
  _x, _hua, _hvu, _va, _custo, _xe : Double;
begin
  try
    _hua := StrToFloat(_Shua);
    _hvu := StrToFloat(_Shvu);
    _va := StrToFloat(_Sva);
    _x := _hua/_hvu;
    _xe := power(_x,1.3);
    _custo := (0.301*_xe*_va)/_hua ;
    CustoHorarioImplemento := FormataFloat(FloatToStr(_custo));
  except
    ShowMessage('valores inválidos para a conta');
    CustoHorarioImplemento := '';
  end;
end;

{*****}
faz o calculo da depreciacao do trator
-> chamado por: frm_custofixotrator
*****}

procedure DepreciacaoTrator(_Sh: String; _Si: String; _Sva: String; var _Svdf: String; var
_Sd: String);
var
  _h, _i, _d, _va, _vd, _cns, _cn, _i1, _vd1, _vdf: real;

```

```

// i= idade da maquina, va = valor de aquisição, h_ horas de utilização
begin
  try
    // calculo da depreciação
    _h := StrToFloat(_Sh);
    _i := StrToFloat(_Si);
    _va := StrToFloat(_Sva);
    _i1 := _i+1;
    _cn := power(0.920,_i);
    _vd := 0.68 * _cn * _va ;
    _cns := power(0.92,_i1);
    _vd1 := 0.68*_cns*_va;
    // vdf = valor residual da maquina após um ano
    _vdf := _va- (_vd - _vd1);
    // d= depreciação por hora de uso
    _d := (_vd-_vd1)/_h;
    //devolve os valores com as casas decimais formatadas
    _Svdf := FormataFloat(FloatToStr(_vdf));
    _Sd := FormataFloat(FloatToStr(_d));
  except
    ShowMessage('valores inválidos para a conta');
    _Svdf := "";
    _Sd := "";
  end;
end;

{*****}

Começo aqui
faz o calculo da produção horaria das pás carregadeiras
*****}

function Producaopascarregadeiras(_Sc: String; _St: String; _Sf1: String): String;

```

```

var
  _c, _t, _f1, _p : real;
// onde c = capacidade volumetrica da concha , t = tempo de ciclo completo, f1= fator de
carga//

begin
  try
    _c := StrToFloat(_Sc);
    _t := StrToFloat(_St);
    _f1:=0.85;
    if (_Sf1 = 'menor') then
      _f1:=0.95;
    if (_Sf1 = 'média') then
      _f1:= 0.85;
    if (_Sf1 = 'maior') then
      _f1:= 0.75;
    _p:= (60*_c*0.8*_f1*0.83*0.95)/_t;

    Producaopascarregadeiras := FormataFloat(FloatToStr(_p));
  except
    ShowMessage('valores inválidos para a conta');
    Producaopascarregadeiras:= "";
  end;
end;
{*****}

faz o calculo da produção horaria das motoniveladoras
*****}
function Producaomotoniveladoras(_Se: String; _Sl: String; _Sv: String; _Sn: String):
String;
var

```

```

    _e, _l, _v, _v1, _n, _p : Double;
// onde e = espessura da camada em metros , l = largura util em metros
// v1 = velocidade media em m/min , n = numero de passadas
// v = velocidade em Km/h
begin
    try
        _e := StrToFloat(_Se);
        _l := StrToFloat(_Sl);
        _v := StrToFloat(_Sv);
        _n := StrToFloat(_Sn);
        _v1:= _v*100/6;
        _p:= (60*_e*0.75*_l*_v1)/_n;
        Producaomotoniveladoras := FormataFloat(FloatToStr(_p));
    except
        ShowMessage('valores inválidos para a conta');
        Producaomotoniveladoras:= "";
    end;
end;
{*****}

faz o calculo da produção horaria das escavadeiras
*****}

function Producaoescavadeiras(_Sq: String; _Sk: String; _St: String): String;
var
    _q, _K, _t, _p : Double;
// onde q = capacidade volumetrica coroadada da caçamba , K = fator de eficiencia da
caçamba
// t = tempo de ciclo completo
begin
    try
        _q := StrToFloat(_Sq);

```

```

_k := StrToFloat(_Sk);
_t := StrToFloat(_St);
_p:= (3600*_q*0.5*0.8*_k)/_t;
  Producaoescavadeiras:= FormataFloat(FloatToStr(_p));
except
  ShowMessage('valores inválidos para a conta');
  Producaoescavadeiras:= "";
end;
end;

{*****}

faz o calculo da produção horaria dos Caminhões e dos reboques agricolas
*****}
function Producaocaminhoes(_Sc: String; _Sv: String; _Sx: String): String;
var
  _c, _v, _x, _p : Double;
// onde c = capacidade volumetrica da caçamba em m3, v = velocidade em Km/h
// x = distancia de transporte em Km
begin
  try
    _c := StrToFloat(_Sc);
    _v := StrToFloat(_Sv);
    _x := StrToFloat(_Sx);
    _p:= (60*_c*0.83)/((60*2*_x/_v)+5);
    Producaocaminhoes:= FormataFloat(FloatToStr(_p));
  except
    ShowMessage('valores inválidos para a conta');
    Producaocaminhoes:= "";
  end;
end;
end;

```

```

{*****

faz o calculo da produção horaria dos Rolos Compactadores
*****}

function Producaocompactadores(_Se: String; _Sl: String; _Sv: String; _Sn: String):
String;

var
    _e, _v, _l, _n, _p : Double;
// onde e = espessura da camada em m, v = velocidade em Km/h
// l = largura util em m, n = numero de passadas
begin
    try
        _e := StrToFloat(_Se);
        _l := StrToFloat(_Sl);
        _v := StrToFloat(_Sv);
        _n := StrToFloat(_Sn);
        _p:= (60*_e*0.75*_l*_v*100/6)/_n;
        Producaocompactadores:= FormataFloat(FloatToStr(_p));
    except
        ShowMessage('valores inválidos para a conta');
        Producaocompactadores:= "";
    end;
end;

{*****

faz o calculo da produção horaria das Valetadoras
*****}

function Producaovaleteadoras(_Ss: String; _Sv: String): String;

var

```

```

    _s, _v, _p : Double;
// onde s = a area da seção transversal da vala a ser escavada em m2
// v = velocidade de deslocamento da maquina em m/min
begin
    try
        _s := StrToFloat(_Ss);
        _v := StrToFloat(_Sv);
        _p:= 60*_s*_v*0.9;
        Producaovaleteadoras:= FormataFloat(FloatToStr(_p));
    except
        ShowMessage('valores inválidos para a conta');
        Producaovaleteadoras:= "";
    end;
end;
end.

```

### Anexo 3 – Resultados de saída do SGMAD

#### ESCARIFICAÇÃO

SGMAD - 29/08/2005

Máquina para ESCARIFICAÇÃO - RÍPERES

---

#### ----- CARACTERÍSTICAS -----

Fabricante ::  
Potência ::

Modelo ::

#### ----- RESULTADOS -----

##### ANÁLISE DE PRODUÇÃO

Velocidade do Conjunto[km/h] :: 2      Coeficiente de Operação :: 0,75  
Largura da Operação[m]      ::      Número de Hastes      ::

Capacidade de Campo Efetiva[ha/h] :: 0,38

##### ANÁLISE DO CUSTO MÉDIO DE OPERAÇÃO

Custo VARIÁVEL      :: \$ 37,50      Custo FIXO      :: \$ 40,29  
Custo HORÁRIO TOTAL :: \$ 77,79      Capacidade de PRODUÇÃO[m3/h] :: 0,38

Custo por M3      :: \$ 204,71

#### GRADEAÇÃO

SGMAD - 29/08/2005

Máquina para GRADEAÇÃO - Grade de Discos ARADORA

---

#### ----- CARACTERÍSTICAS -----

Fabricante :: Marchesan      Modelo :: GA-14X26"  
Potência :: 70/75

#### ----- RESULTADOS -----

##### ANÁLISE DE PRODUÇÃO

Velocidade do Conjunto(km/h)      :: 3      Coeficiente de Operação :: 0,75  
Largura de Corte      :: 2

Capacidade de Campo Efetiva(ha/h) :: 0,45

##### ANÁLISE DO CUSTO MÉDIO DE OPERAÇÃO

Custo IMPLEMENTO      :: \$ 7,85      Custo do TRATOR      :: \$ 35,28  
Custo HORÁRIO TOTAL :: \$ 43,13      Capacidade de Campo Efetiva :: 0,45

Custo por HECTARE      :: \$ 95,84



ABAUAMENTO  
SGMAD - 29/08/2005

Máquina para ABAUAMENTO - TRATOR DE ESTEIRA COM LÂMINA

---

----- CARACTERÍSTICAS -----

Fabricante :: Modelo ::  
Potência ::

----- RESULTADOS -----

ANÁLISE DE PRODUÇÃO POR VOLUME

Largura da Lâmina[m] :: 3,2                      Altura da Lâmina[m]                      :: 1,13  
Natureza do Material :: Terra comum seca                      Tempo de Ciclo Completo[min] :: 1

Produção Horária em m3 :: 86,25

ANÁLISE DO CUSTO MÉDIO DE OPERAÇÃO

Custo VARIÁVEL                      :: \$ 37,50                      Custo FIXO                      :: \$ 40,29  
Custo HORÁRIO TOTAL :: \$ 77,79                      Capacidade de PRODUÇÃO[m3/h] :: 86,25

Custo por M3                      :: \$ 0,90

RETALUDAMENTO

SGMAD - 29/08/2005

Máquina para RETALUDAMENTO - ESCAVADORAS

---

----- CARACTERÍSTICAS -----

Fabricante :: Caterpillar                      Modelo :: 225 Retro  
Potência :: 130/140

----- RESULTADOS -----

ANÁLISE DE PRODUÇÃO POR VOLUME

Capacidade Volumétrica[m3] :: 1,1                      Fator de Eficiência :: 1,00  
Tempo de Ciclo Completo[min] :: 50

Produção Horária em m3                      :: 32,47

ANÁLISE DO CUSTO MÉDIO DE OPERAÇÃO

Custo VARIÁVEL                      :: \$ 35,39                      Custo FIXO                      :: \$ 22,89  
Custo HORÁRIO TOTAL :: \$ 58,28                      Capacidade de PRODUÇÃO[m3/h] :: 32,47

Custo por M3                      :: \$ 1,79

REMOÇÃO  
SGMAD - 29/08/2005

Máquina para REMOÇÃO - ESCAVADORAS

---

----- CARACTERÍSTICAS -----

Fabricante :: Caterpillar                      Modelo :: 225 Retro  
Potência :: 130/140

----- RESULTADOS -----

ANÁLISE DE PRODUÇÃO POR VOLUME

Capacidade Volumétrica[m3] :: 1,1                      Fator de Eficiência :: 1,00  
Tempo de Ciclo Completo[min] :: 40

Produção Horária em m3        :: 40,59

ANÁLISE DO CUSTO MÉDIO DE OPERAÇÃO

Custo VARIÁVEL        :: \$ 35,39                      Custo FIXO                      :: \$ 22,89  
Custo HORÁRIO TOTAL :: \$ 58,28                      Capacidade de PRODUÇÃO[m3/h] :: 40,59

Custo por M3        :: \$ 1,44

TERRACEAMENTO

SGMAD - 29/08/2005

Máquina para TERRACEAMENTO - TRATOR DE ESTEIRA COM LÂMINA

---

----- CARACTERÍSTICAS -----

Fabricante :: Caterpillar                      Modelo :: D6D  
Potência :: 140/165

----- RESULTADOS -----

ANÁLISE DE PRODUÇÃO POR VOLUME

Espessura da Camada[m] :: ,6                      Largura Útil[m]        :: 2,8  
Número de Passadas        :: 6                      Velocidade Média[km/h] :: 1,5

Produção Horária em m3 :: 294,00

ANÁLISE DO CUSTO MÉDIO DE OPERAÇÃO

Custo VARIÁVEL        :: \$ 37,50                      Custo FIXO                      :: \$ 40,29  
Custo HORÁRIO TOTAL :: \$ 77,79                      Capacidade de PRODUÇÃO[m3/h] :: 294,00

Custo por M3        :: \$ 0,26

**Anexo 4 – Mapas das áreas experimentais**

