

Mapeamento de áreas potenciais à implantação de aterro sanitário em Guarapuava (PR), com uso de redes neurais artificiais

Mapping potential areas for the establishment of landfill in Guarapuava (PR), using artificial neural networks

Janaina Natali Antonio¹
Selma Regina Aranha Ribeiro^{2(*)}

Resumo

Este trabalho apresenta o mapeamento de áreas com potencialidade de implantação de aterro sanitário em Guarapuava (PR), utilizando a metodologia baseada na classificação supervisionada, por Redes Neurais Artificiais (RNA). Para a classificação foi realizada uma série de testes com variações de dados de entrada, e nos parâmetros da RNA; desta forma foram obtidos diferentes resultados na camada de saída. Os melhores resultados foram obtidos com a arquitetura composta por cinco camadas de entrada e com dois neurônios na camada escondida e com alterações das variáveis de limiar de treinamento de 0.8000, taxa de aprendizagem 0.1000, dinâmica do treinamento de 0.8000, erro médio quadrático de 0.0500 e o número de iterações de 2000, sendo considerada a arquitetura ideal para este tipo de classificação. De forma que as RNAs representam uma técnica capaz de separar características de áreas com potencial de implantação do aterro sanitário, por meio da integração de variáveis, com diferentes origens e escalas, o que não é possível com classificadores estatísticos convencionais.

Palavras-chave: resíduos sólidos domiciliares; processamento de imagens; Sistemas de Informações Geográficas.

Abstract

This paper presents the mapping of areas with potential for landfill implementation in Guarapuava (PR), using the methodology based on classification by Artificial Neural Networks (ANN). For classification a series of tests with variations in the number of layers of input, and the parameters of the ANN were performed. Thus,

1 MSc.; Geógrafa; E-mail: janaina51@gmail.com

2 Dra.; Engenheira Cartográfica; Professora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG; Endereço: Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, Uvaranas, CEP: 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil; E-mail: selmar_l2@hotmail.com (*) Autora para correspondência.

different results were obtained in the output layer. The best results were obtained with the architecture consisting of 5 layers of input and 2 neurons in the hidden layer and changing the variables of threshold training 0.8000, 0.1000 learning rate, dynamic training of 0.8000, mean square error of 0.0500 and number of iterations of 2000, and it was considered the ideal architecture for this type of classification. In this way, it was considered that the ANN represent a technique capable of separating characteristics of areas with potential for landfill implementation, through the integration of variables from different sources and scales, which is not possible using with conventional statistical classifiers.

Key words: solid waste; image processing; Geographical Information Systems.

Introdução

O avanço tecnológico industrial favoreceu, através da criação de novos produtos, a necessidade de aumento excessivo do consumo, sem a preocupação de pensar formas de descarte correto para os produtos considerados ultrapassados. Assim, há um aumento significativo da produção de resíduos sólidos, que via de regra, são depositados em áreas inadequadas que perdem seu valor econômico, comprometem o lençol freático, causam odores, concentram vetores, etc.

O processo de coleta, tratamento e disposição dos resíduos sólidos deve contar com um planejamento adequado, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos. Cabe a administração pública o planejamento sobre como gerir os resíduos sólidos, de acordo com as condições locais.

Em Guarapuava (PR) os resíduos sólidos domiciliares são recolhidos por caminhões e destinados ao lixão a céu aberto. Este depósito apresenta problemas, pois não atende as normas adequadas de destinação final de resíduos. Com o objetivo de adequar o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos a prefeitura municipal propõe a construção do aterro sanitário municipal, de

acordo com as normas estabelecidas para a destinação final adequada dos resíduos.

Entre os critérios para implantação de aterros sanitários está a escolha de uma área adequada, que atenda requisitos referentes a este tipo de atividade, a qual é considerada causadora de impacto ambiental conforme a Resolução CONAMA 001/86.

A escolha de uma área adequada de considerar os parâmetros técnicos das normas e diretrizes federais, estaduais e municipais, além de planos diretores dos municípios, pólos de desenvolvimento local e regional, e aspectos políticos e sociais.

Dentro dos aspectos econômicos deve-se levar em consideração a distância entre o aterro e o local de coleta, o custo para aquisição do terreno, que pode ser preferencialmente da prefeitura, ou caso não seja a preferência deve ser por terrenos na área rural, considerando que o seu custo será menor em relação a outras áreas.

Em relação aos critérios políticos e sociais é importante a se considerar é a distância de núcleos urbano de baixa renda, pois, os aterros podem atrair pessoas desempregadas, com baixa renda, que encontram na catação uma alternativa de sobrevivência, porém sujeitam-se a condições insalubres de trabalho. Além disso,

o transporte dos resíduos pode causar alguns transtornos pelo aumento de veículos nas vias de acesso, portanto é recomendável que as vias de acesso até o aterro sejam de baixo fluxo e a área apresente baixa densidade populacional para evitar transtorno aos moradores (SEDU, 2001).

Além destes é necessário considerar, no mínimo, aos critérios técnicos impostos pelas normas da ABNT (NBR 10.157) e pela legislação federal, estadual e municipal (quando houver). Os condicionantes e restrições relativos às normas da ABNT são listados no quadro 1.

Quadro 1. Critérios técnicos segundo a ABNT / NBR 10.157

Uso do solo	As áreas têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.
Proximidades a cursos d'água relevante	As áreas não podem se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.
Proximidades a núcleos residenciais urbanos	As áreas não devem se situar a menos de mil metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.
Proximidade a aeroportos	As áreas não podem se situar próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.
Distância do lençol freático	As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes: * Para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metro. * Para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que 10 ⁻⁶ cms
Vida útil mínima	É desejável que as novas áreas de aterro sanitário tenham, no mínimo, cinco anos de vida útil.
Permeabilidade do solo natural	É desejável que o solo do terreno selecionado tenha certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.
Extensão da bacia de drenagem	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.
Facilidade de acesso de veículos pesados	O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de vazamento mesmo na época de chuvas muito intensas.
Disponibilidade de material de cobertura	Preferencialmente, o terreno deve possuir ou se situar próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

Fonte: ABNT, 1997

Na escolha de áreas para aterro sanitário, um instrumento que pode auxiliar no conhecimento de áreas e situações é a cartografia, pois esta tem como função a representação da superfície terrestre de forma clara e precisa, possibilitando a identificação das características geométricas da natureza e de outras particularidades dos objetos e fenômenos observados facilitando desta forma, a compreensão espacial dos fenômenos através da construção de cartas, mapas, plantas e outras (MARTINELLI, 1998, SIMIELLI, 2003).

Uma técnica que vem se desenvolvendo são as Redes Neurais Artificiais (RNA), pois segundo Medeiros (1999) na geografia, como em muitos outros ramos da ciência está havendo um rápido e crescente interesse na aplicação de métodos neurocomputacionais, que por sua vez, são novas técnicas que podem vir a complementar os métodos existentes.

As redes neurais artificiais (RNA) caracterizam-se por unidades de processamento que se comunicam mediante ligações que formam uma rede de processamento altamente conectada, e pelo fato de não serem paramétricas apresentam vantagens em comparação a outros classificadores, realizando reconhecimento de padrões com uma quantidade de amostras de treinamento menor em relação aos classificadores paramétricos. Além disto, são capazes de classificar dados advindos de diversas origens com diferentes escalas (RIBEIRO, 2003).

Para a realização deste trabalho foi utilizada a metodologia de classificação por Redes Neurais Artificiais, considerando os critérios de distância mínima da área urbana, dos cursos d'água e vias de acesso, características de relevo e geológicas, para

o mapeamento de áreas com potencial de implantação do aterro sanitário no município de Guarapuava (PR).

Procedimentos metodológicos

Área de estudo

A área de estudo (Figura 1) está localizada no município de Guarapuava na região centro-sul do estado do Paraná, no paralelo 25° 23' 26" latitude Sul e meridiano de 51° 27' 15" longitude Oeste de Greenwich, altitude média de 1.120 m e com uma área total de 3.115 km², e população de 166.195 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Para a construção do aterro sanitário, a distância indicada do centro de coleta não deve ser maior do que 10.000 metros (ROCHA, et. al., 2004), optou-se, pela disponibilidade de material cartográfico, delimitar uma distância entre um mínimo de 5.000 e máximo de 10.000 metros, determinada após a geração de um buffer de 5.000 metros de distância do perímetro urbano do município, conforme figura 2.

Materiais cartográficos

- Mapa topográfico no formato digital, na escala 1:50.000, cedidas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano – SEDU e Paranacidade.
- Mapas geológico e geomorfológico, na escala de 1:250.000, cedidas pela MINEROPAR;
- Mapa da malha urbana, rodovias e estradas, na escala 1:25.000, cedidas pela Prefeitura Municipal de Guarapuava;
- Mapa da hidrografia, na escala 1:25.000, cedidas pela Prefeitura Municipal de Guarapuava;



Figura 1. Localização da área de estudo

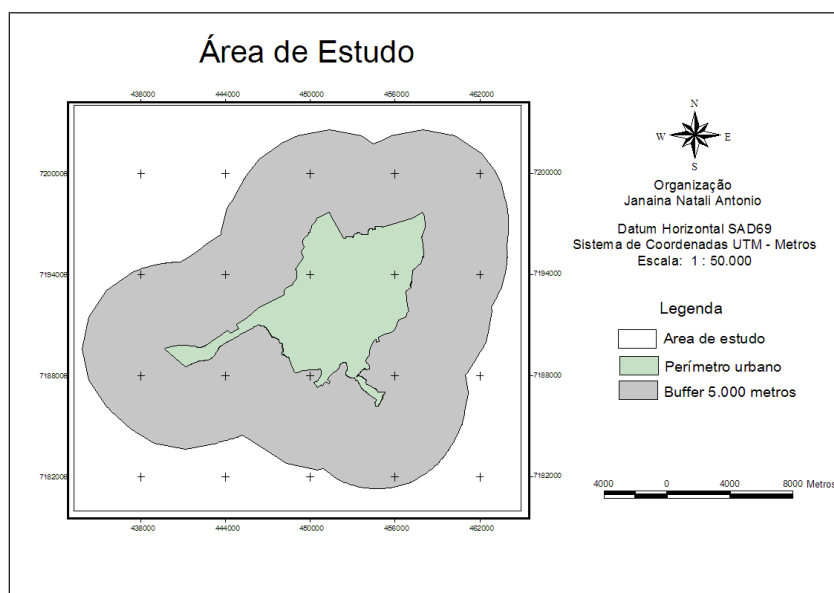


Figura 2. Recorte da área de estudo no município de Guarapuava (PR)

- Cartas topográficas - folhas: SG.22-V-D-III-3 (MI-2838/3); SG.22-V-D-II-4 (MI-2837/4).

processamento do Modelo Digital do Terreno.

Metodologia

Programas

- ENVI 4.4. Utilizado para a classificação das áreas potenciais a implantação de aterro sanitário, com a classificação supervisionada por redes neurais artificiais;
- ArcView 3.2 a, utilizado para o pré-processamento de dados, e módulo 3D *Spacial Analyst*, usado para o

A partir da leitura sobre os critérios para a implantação do aterro sanitário, e da disponibilidade de material cartográfico, foram determinadas as variáveis de entrada que seriam utilizadas, as quais passaram por um processo de pré-processamento no ArcView 3.2 para posterior processamento nas RNA, apresentadas no diagrama de blocos na figura 3.

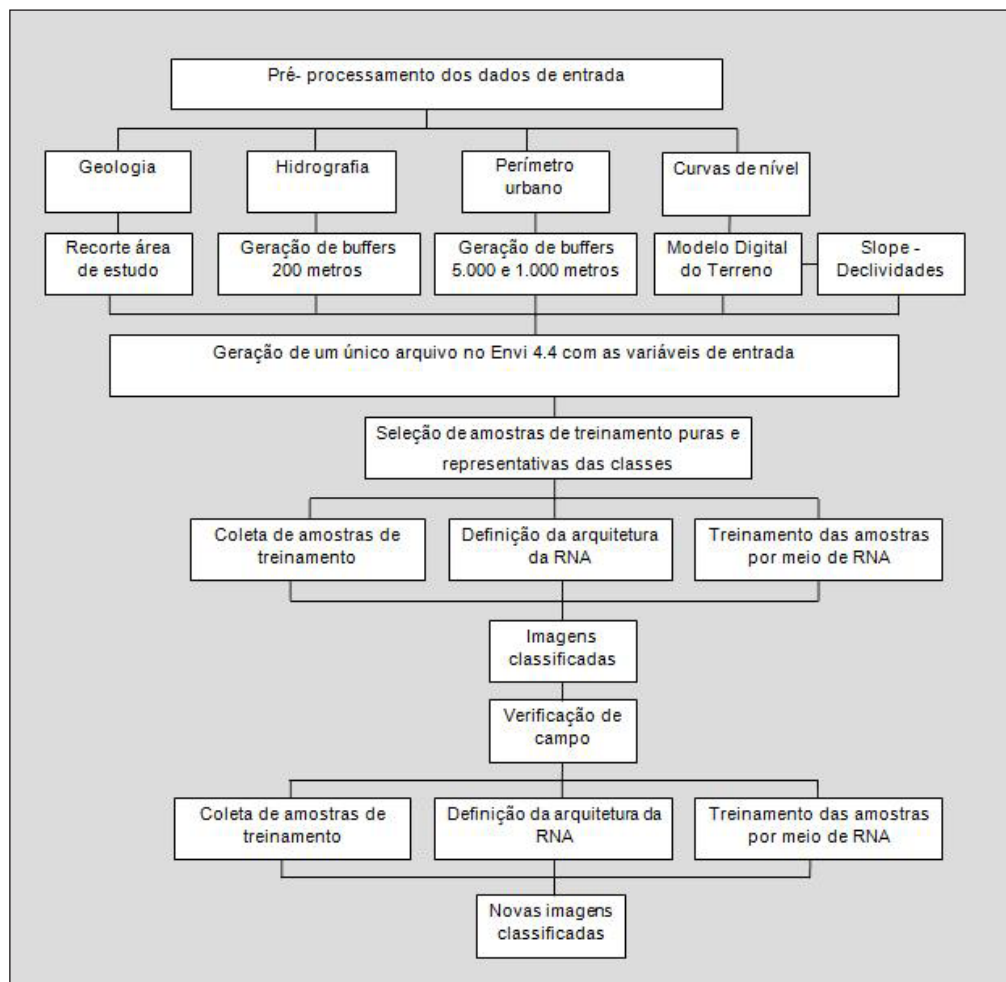


Figura 3. Diagrama de blocos – Procedimentos

Variáveis de Entrada

Hidrografia

A ABNT (1997) estabelece que as áreas para a construção de um aterro sanitário não devem estar a menos de 200 metros de distância de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Para delimitar as distâncias dos corpos d'água, foram gerados *buffers* da hidrografia da área de estudo, disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Guarapuava, na escala 1:25.000. A geração de *buffers* foi realizada no ArcView 3.2, como exibido na figura 4.

municipal, na escala 1:50.000. Sendo realizada a geração de *buffers* do perímetro urbano com uma distância de 1.000 metros, conforme a legislação. A figura 5 mostra o contorno da área urbana e os *buffers* de 5.000 e 1.000 metros em rosa e vermelho, respectivamente.

Geologia

Guarapuava (PR) está situada sobre a Formação Serra Geral (Figura 6) composta por rochas ígneas formadas durante a era mesozóica, através de vulcanismo fissural, com predominância das rochas de natureza

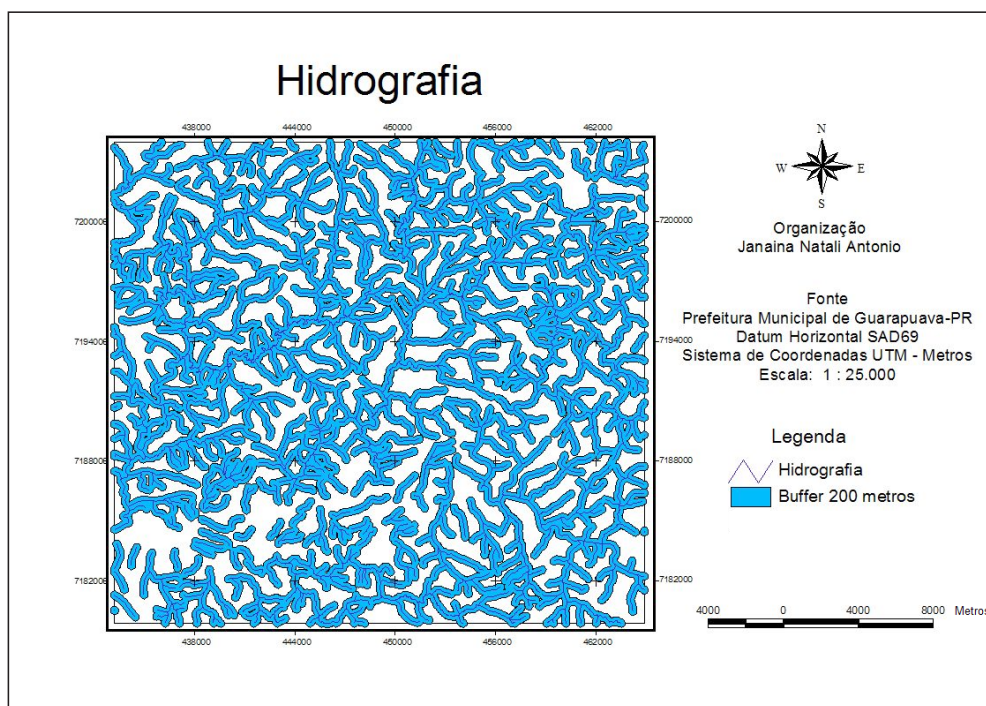


Figura 4. Buffers da hidrografia

Perímetro Urbano

Para este critério foram identificadas as áreas residenciais urbanas do perímetro urbano determinado pelo plano diretor

básica (basaltos e andesitos toleíticos) em aproximadamente 97,5% do volume total, e o restante 2,5% do volume, é composto por rochas de natureza ácida (riolitos e riodacitos) (NARDY et al., 2002).

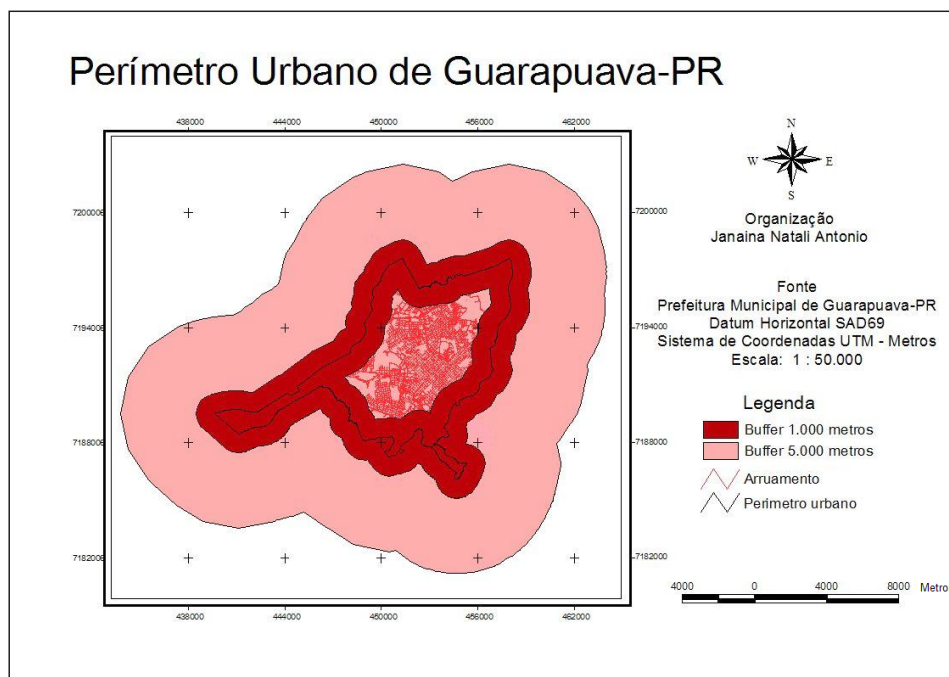


Figura 5. Mapa do perímetro urbano de Guarapuava

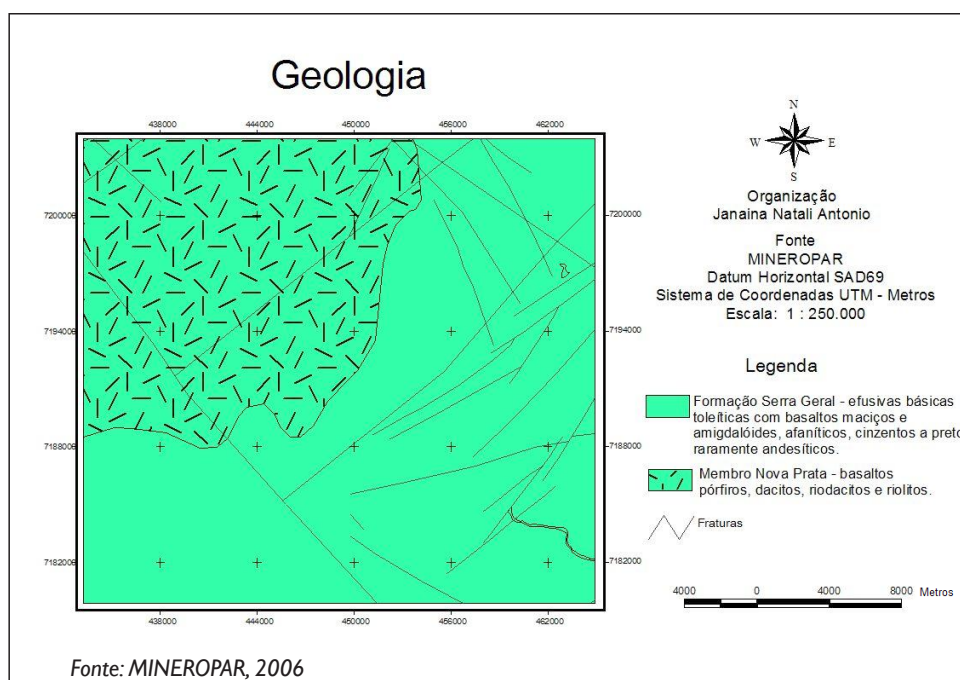


Figura 6. Mapa da geologia

O topo da sequência vulcânica Serra Geral é composto por extensa e homogênea cobertura de riodacito porfirítico, com afloramentos isolados de basalto, riolito, vitrófiro e brecha de fluxo. No planalto de Guarapuava (PR), esta cobertura estende-se por um intervalo de 470 m, entre as cotas aproximadas de 860 m e 1.330 m (ARIOLI, 2008).

Para os testes para classificação das áreas do aterro sanitário foram consideradas como fator de restrição as fraturas da superfície geológica. A estrutura não foi considerada um fator limitante, devido a sua

Relevo

O MDT, foi gerado pelo mosaico no formato digital de curvas de nível das cartas topográficas MI 2837-4, MI 2838-3, com escala de 1:50:000 de 20 em 20 metros, digitalizadas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano – SEDU e Paranacidade. O procedimento do mosaico foi realizado no ArcView 3.2, apresentado na figura 7.

A partir do MDT foi obtido o mapa de declividade do terreno, com 4 classes de declive em porcentagem apresentado na

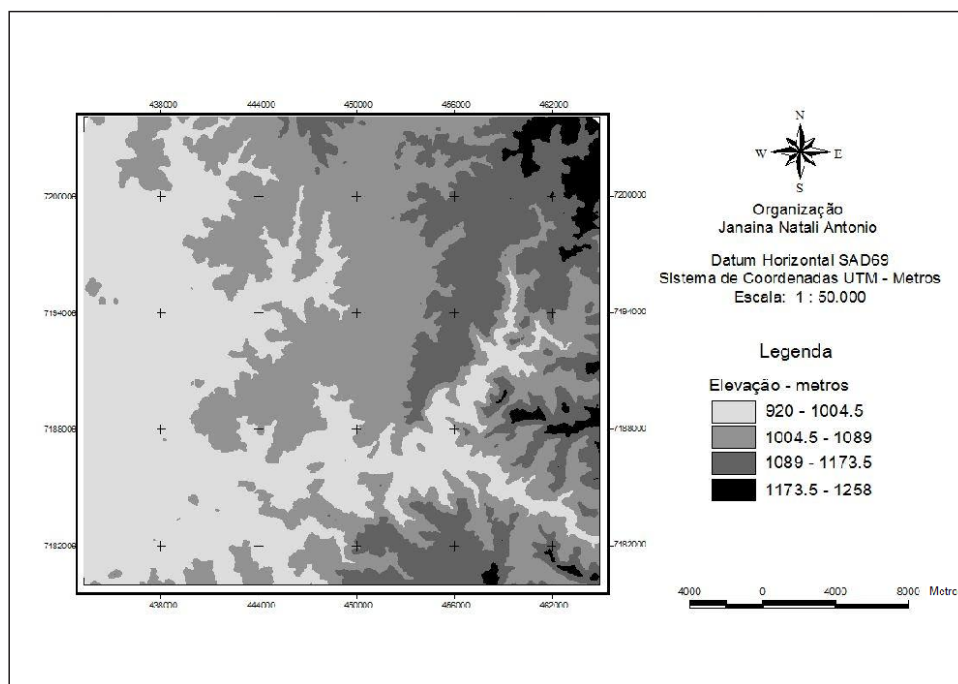


Figura 7. Modelo Digital do Terreno

formação ser composta principalmente por rochas vulcânicas ácidas, como os basaltos, os quais são rochas duras, compactas e de fina granulação, fato que diminui a possibilidade de infiltração de líquidos provenientes da decomposição do lixo.

figura 8. Conforme Samizava et. al. (2005) esta variável não deve estar acima de 30% de inclinação, pois acima desta porcentagem as áreas são consideradas como inadequadas para a implantação do aterro sanitário por serem extremamente acentuadas.

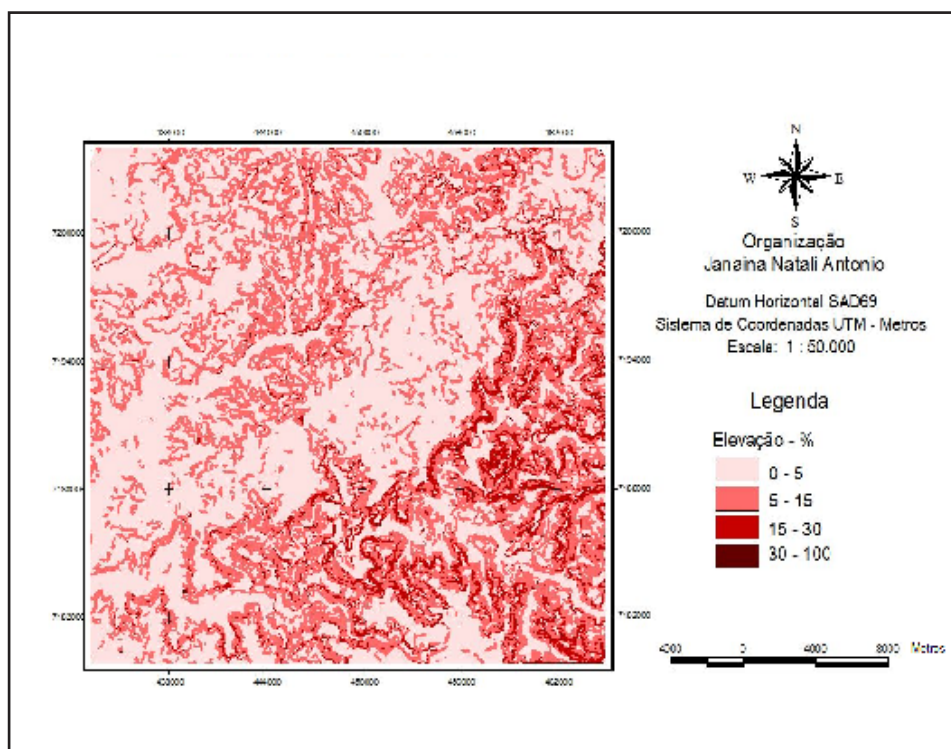


Figura 8. Mapa de declividade do terreno

Coleta das Amostras de Treinamento Puras e Representativas de Cada Classe

Para a coleta de amostras foi organizado um croqui de coleta, no ArcView 3.2a, através da sobreposição das variáveis de entrada e das restrições para a classificação das áreas.

Após esse processo foi realizada a coleta de amostras de treinamento seguindo um croqui de distribuição, considerando em média 250 *pixels* para cada classe tomando o cuidado para que estas estejam bem distribuídas na área de estudo e que sejam representativas de cada classe conforme o quadro 2.

Quadro 2. Quantidade de pixels coletados por classe

Amostra	Cor	Pixels
Não indicada	Vermelho	252
Indicada com restrição	Amarelo	259
Indicada	Azul	255
Indicada com preferência	Verde	256

Redes Neurais Artificiais

Conforme Medeiros (1999) na elaboração do projeto da RNA ideal para solucionar algum problema, uma das tarefas mais difíceis é determinar o número de elementos de processamento da camada oculta, bem como o número de camadas ocultas, Emaruchi et al. (1994) sugere alguns procedimentos que podem orientar no projeto de da RNA:

- Quanto maior for o conjunto de treinamento, maior deverá ser o número de elementos de processamento da RNA.

Para o treinamento das amostras de treinamento na RNA foi definido um conjunto de variáveis de entrada para definir a área adequada para a implantação do aterro sanitário. Essas variáveis de entrada, estrutura de dados, pode ser observada na figura 9, a qual é composta por um conjunto de cinco entradas com as

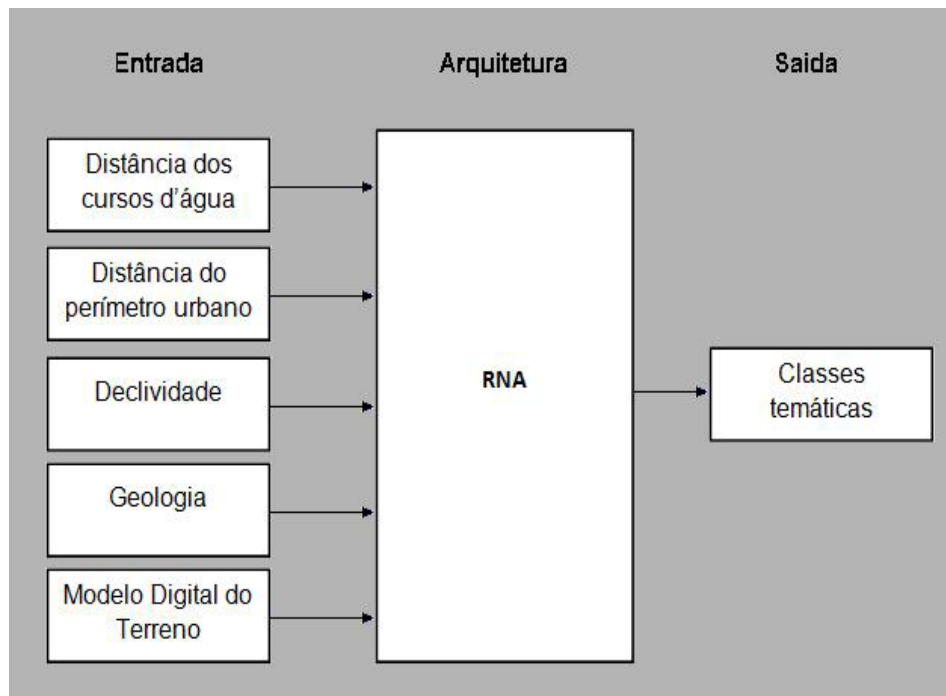


Figura 9. RNA com dados de entrada, arquitetura (processamentos) e saída (classes)

- Um maior número de elementos de processamento podem levá-la ao processo de memorização;
- Quanto mais complexa a função de mapeamento maior deve ser a RNA; deve-se iniciar os experimentos com uma única camada oculta, se necessário, utilizar duas camadas ocultas;

variáveis escolhidas para treinamento, uma camada de processamento e um conjunto de saída composto por classes temáticas do mapeamento da área de estudo.

A classificação supervisionada foi realizada no *Software* ENVI 4.4, utilizando a ferramenta de RNA. Para o processamento dos dados, as variáveis de entrada foram

organizadas em um arquivo único preparado para a coleta de amostras.

Após a definição dos planos de entrada, saída e coleta de amostras, o ENVI 4.4 solicita a definição de alguns parâmetros para classificação, os quais são descritos por Cruz (2005) como:

- **Função de ativação:** para verificar se um elemento de processamento é ou não ativado por uma entrada específica, foi usada uma função sigmóide (logística).
- **Limiar de contribuição do treinamento:** esse limiar determina o tamanho da contribuição do peso interno com respeito ao nível de ativação do nó. É usado para ajustar as mudanças ao peso interno de um nó e pode variar entre 0 e 1.
- **Taxa de Treinamento:** a taxa de treinamento determina a magnitude do ajuste para os pesos, sendo que seu valor pode variar de 0 a 1. Uma taxa mais alta acelerará o treinamento, mas também aumentará o risco de oscilações ou não convergência do resultado do treinamento.
- **Taxa de Momento:** varia de 0 a 1. Uma taxa de momento maior que zero permite fixar uma taxa de treinamento mais alta e sem oscilações, viabilizando mudanças de peso mais adequadas.
- **Critério de término de treinamento baseado no Erro Médio Quadrático (RMS):** valor do erro no qual o treinamento deve ser finalizado (máxima diferença entre o valor esperado e o valor de saída). Quando o RMS, que é mostrado durante o treinamento, estiver abaixo do valor estabelecido para o erro, o treinamento pára mesmo se o número de iterações previstas não for completado, e então a classificação será efetuada.
- **Número de Camadas Escondidas:** para classes linearmente separáveis o número

de camadas escondidas é zero, ou seja, a RNA é caracterizada apenas pela camada de entrada e a camada de saída. Quando as classes não são linearmente separáveis é necessário introduzir camadas escondidas cujo número depende da complexidade do conjunto de dados.

- **Número de iterações do treinamento:** número de ciclos de treinamento necessários para minimizar o erro desejado.
- **Limiar de ativação:** valor que define se um pixel será ou não classificado. Se o valor de ativação do pixel que é classificado for menor que este valor de limiar, então este pixel não será classificado.

Validação dos Testes

Para validar as classificações foi realizada a conferência de campo em quatro áreas, cada uma com as características de restrição utilizadas para a classificação, conforme o quadro 3.

Quadro, 3. Indicação das áreas de validação dos testes

Classificação da área	Nº da área
Indicada com preferência	01
Indicada	02
Indicada com restrição	03
Não indicada	04

A figura 10 mostra a localização das áreas escolhidas para a verificação de campo.

Após a conferência em campo para verificar a compatibilidade das características obtidas na classificação e na área real, foi feita uma nova coleta de amostras de

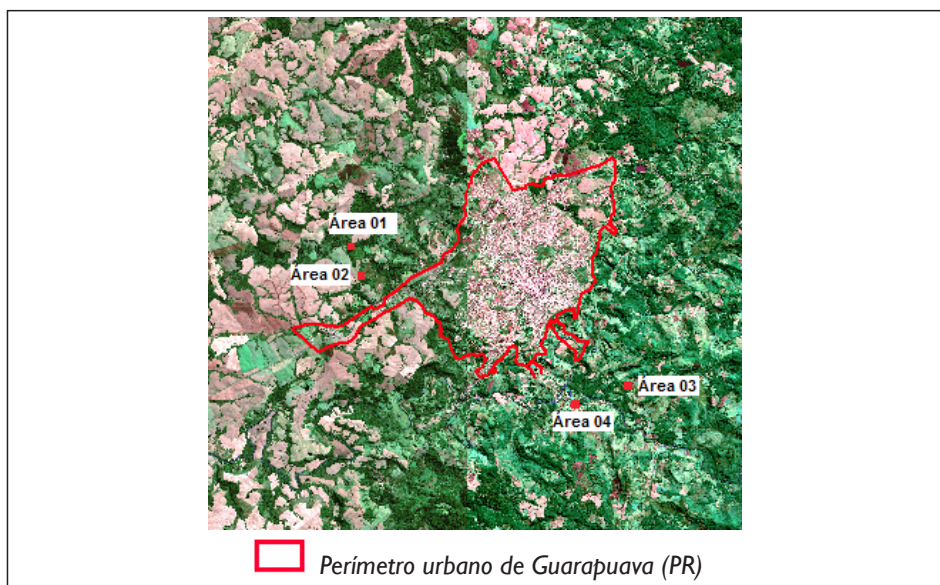


Figura 10. Localização das áreas de validação

treinamento em áreas diferentes dos primeiros testes, e realizadas novas classificações.

Avaliação da Influência das Variáveis de Entrada

Para verificar a influência das variáveis de entrada no resultado final da classificação, foram realizados testes com diferentes combinações das variáveis de entrada e dos parâmetros de modelagem da RNA, conforme apresentados no quadro 4.

Quadro 4. Variáveis de entrada avaliadas

Quantidade de variáveis de entrada	Variáveis avaliadas
5	Área urbana Hidrografia Declividade Geologia MDT
4	Área urbana Hidrografia Declividade MDT
3	Área urbana Hidrografia Declividade

Para cada combinação foram realizados dez testes alterando os parâmetros (arquitetura) da RNA, até alcançar resultados desejados. A retirada de variáveis de entrada foi realizada para verificar sua influência (melhorar ou piorar o resultado) na camada de saída da RNA.

Resultados e discussões

Para a realização dos testes foi utilizado o algoritmo de treinamento *backpropagation* para RNA de multcamadas, com variação nas camadas de entrada com cinco, quatro e três variáveis, a seguir são apresentados os melhores resultados obtidos nas classificações.

Resultados dos testes com 5 camadas de entrada

Na tabela 1, são apresentados os dez melhores resultados obtidos com os testes com 5 camadas de entrada.

O melhor resultado obtido com a RNA com cinco camadas de entrada foi

Tabela 1. Resultados das classificações com cinco variáveis de entrada

Arquiteturas n° de neurônios camadas escondidas	Ativação	Limiar	Taxa	Dinâmica	EMQ	Iterações
Arquitetura 1 5, 1,	Logística	0.9000	0.2000	0.9000	0.1000	1000
Arquitetura 2 5, 1,	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 3 5, 1	Logística	0.9000	0.1000	0.5000	0.0800	1000
Arquitetura 4 5, 1	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 5 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 6 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 7 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0500	2000
Arquitetura 8 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.1000	2000
Arquitetura 9 5, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0500	1000
Arquitetura 10 5, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000

Nota: Arquitetura 7 Melhor resultado

com a arquitetura sete, composta por dois neurônios escondidos, limiar de treinamento de 0.8000, taxa de aprendizagem 0.1000,

dinâmica do treinamento de 0.8000, erro médio quadrático de 0.0500 e o número de iterações de 2000, apresentado na figura 11.

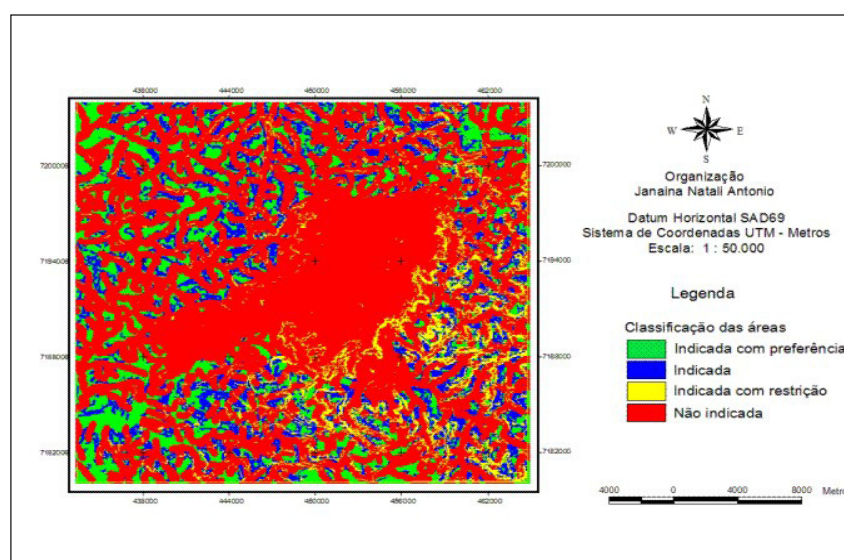


Figura 11. Resultado da classificação da arquitetura 7 (5,2)

Foi possível constatar, pela avaliação visual, que o aumento para dois neurônios na cada escondida e número de iterações (ciclos) para 2000, que a RNA melhorou os resultados de reconhecimento dos padrões espaciais.

Resultados dos testes com 4 camadas de entrada

Na tabela 2, são mostrados os dez melhores resultados obtidos com os testes com quatro camadas de entrada.

A figura 12 apresenta o melhor resultado para a RNA com quatro camadas de entrada, obtido com a arquitetura seis, composto por dois neurônios na camada escondida, e valores de 0,8000 para o limiar de treinamento, 0.1500 para a taxa de treinamento, 0.8000 da dinâmica

de treinamento, 0.0800 do erro médio quadrático e 2000 de iterações.

Resultados dos testes com 3 camadas de entrada

Na tabela 3, são apresentados os dez melhores resultados obtidos com os testes com três camadas de entrada.

O melhor para a série de testes com três camadas de entrada é apresentado na figura 13, o qual foi obtido com a arquitetura cinco, composta por dois neurônios na camada escondida e com limiar de treinamento de 0.8000, taxa de aprendizagem 0.1000, dinâmica de treinamento de 0.8000, erro médio quadrático de 0.0800 e iterações de 2000.

Após a realização desta série de testes da RNA, foi realizada a verificação de campo

Tabela 2. Resultados das classificações com 4 variáveis de entrada

Arquiteturas n° de neurônios camadas escondidas	Ativação	Limiar	Taxa	Dinâmica	EMQ	Iterações
Arquitetura 1 4, 1	Logística	0.9000	0.2000	0.9000	0.1000	1000
Arquitetura 2 4, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 3 4, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 4 4, 2	Logística	0.8000	0.0800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 5 4, 2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	3000
Arquitetura 6 4, 2	Logística	0.8000	0.1500	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 7 4, 2	Logística	0.8000	0.1800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 8 4, 2	Logística	0.8000	0.1200	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 9 4, 2	Logística	0.8000	0.1400	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 10 4, 3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000

Nota: Arquitetura 6 Melhor resultado

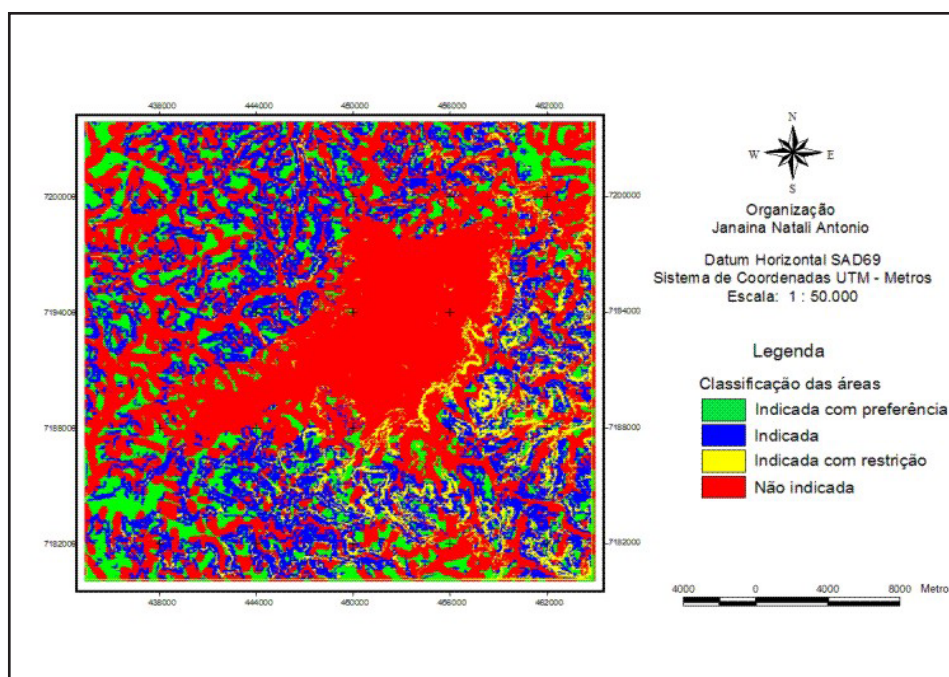


Figura 12. Resultado da classificação da arquitetura 6 (4,2)

Tabela 3. Resultados das classificações com 3 variáveis de entrada

Arquiteturas n° de neurônios camadas escondidas	Ativação	Limiar	Taxa	Dinâmica	EMQ	Iterações
Arquitetura 1 3,1	Logística	0.9000	0.2000	0.9000	0.1000	1000
Arquitetura 2 3,1	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 3 3,2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 4 3,2	Logística	0.8000	0.0800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 5 3,2	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 6 3,3	Logística	0.8000	0.1800	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 7 3,2	Logística	0.8000	0.1500	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 8 3,3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	1000
Arquitetura 9 3,3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	2000
Arquitetura 10 3,3	Logística	0.8000	0.1000	0.8000	0.0800	3000

Nota: Melhor resultado

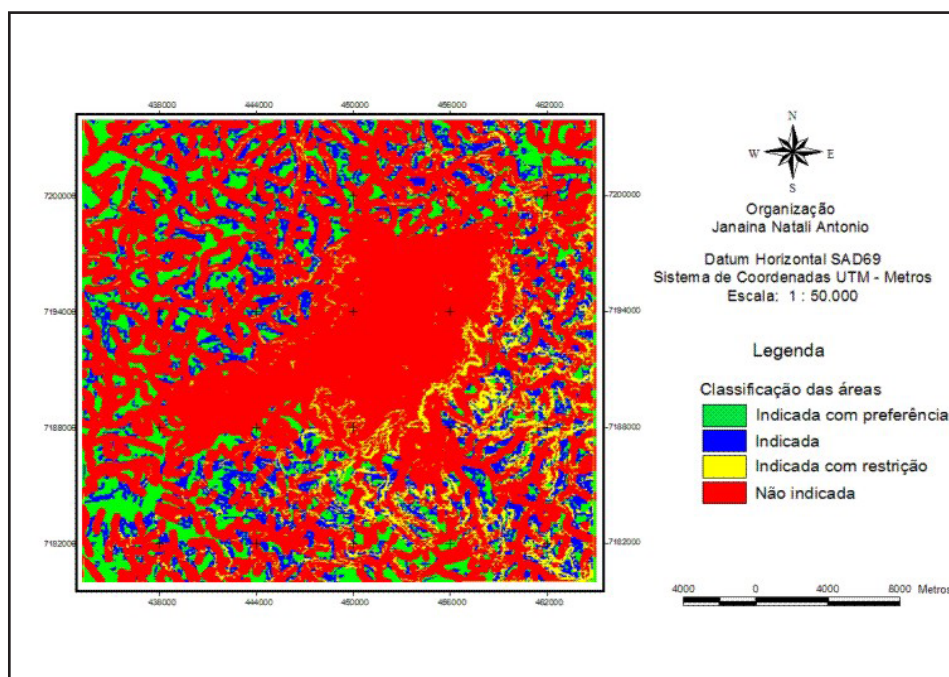


Figura 12. Resultado da classificação da arquitetura 5 (3,1)

em quatro áreas classificadas de acordo com as classes temáticas, porém os melhores resultados foram obtidos com os dados da primeira coleta de amostras.

Considerações Finais

Neste trabalho foi possível constatar que as RNAs são capazes de distinguir características de áreas com potencial de implantação de aterros sanitários, por meio da integração de diversas variáveis, com diferentes origens e escalas.

A respeito dos resultados obtidos pelas classificações, os melhores resultados foram obtidos com dois neurônios na camada escondida, e com melhoras significativas na alteração da taxa de aprendizagem de 0,2000 para 0,1000, do EMQ em média de 0,0500 e 0,0800, das taxas de Limiar e dinâmica de treinamento em média de 0,8000, e o número de

iteração com valores de 2000 e em apenas um caso com 1000.

Os testes foram realizados alterando a quantidade de variáveis de entrada, com o objetivo de verificar a influência de cada uma delas na camada de saída. Para os testes realizados antes da verificação do campo, os melhores resultados foram obtidos com cinco e três camadas de entrada, tendo destaque a variável declividade na camada de saída.

Após a verificação de campo e da nova coleta de amostras de treinamento, os melhores resultados foram obtidos com cinco e quatro camadas de entrada, havendo destaque para a variável "MDT".

O processo de construção do aterro sanitário em Guarapuava passou por várias etapas nestes últimos anos, e teve sua implantação no início de 2011, na área próxima ao antigo lixão municipal, e que segundo o trabalho apresentado, conta com características de indicação com restrições.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.157:** Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ARIOLI, E. E., LICHT, O. A. B., VASCONCELOS, E. M. G., BONNET, K. L., SANTOS, E. M. Faciologia vulcânica da formação serra geral na região de Guarapuava, Paraná. In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 4., 2008, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução Nº 001 de 23 de janeiro de 1986. Define as situações e estabelece os requisitos e condições para desenvolvimento de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 de fevereiro de 1986.

CRUZ, N. C. da. **Uma análise da infestação por plantas aquáticas utilizando imagens multiescala e redes neurais artificiais**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

EMARUCHI, B.; JIN, Y. S. D.; KITE, G. Land cover mapping using an artificial neural network. In: [S.I.], **ISPRS Mapping and Geographic Information Systems**. Georgia, 1994. v. 30. p. 84-89.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Dados do Censo 2010 publicados no Diário Oficial da União do dia 4 nov. 2010**. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=41>. Acesso em: 20 fev. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Atlas Geográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 1 CD-ROM.

MARTINELLI, M. **Gráficos e mapas: construa você mesmo**. São Paulo: Moderna, 1998.

MEDEIROS, J. S. **Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: Tecnologia de apoio à gestão do território**. 1999. 221 f. Tese (Doutorado em Geografia física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

NARDY, A. J. R.; OLIVEIRA, M. A. F.; MACHADO, F. B. Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências**, São Paulo, v. 21. n. 1/2, 2002.

RIBEIRO, S. R. A.. **Integração de Imagens Landsat TM e dados auxiliares para a delimitação automática de unidades fisionômicas usando Redes Neurais Artificiais**. 2003. 160 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

ROCHA, C. H. B.; BRITO FILHO, L. F. de; SILVA, J. X. da. Geoprocessamento aplicado à seleção de locais para a implantação de aterros sanitários: O caso de Mangaratiba-RJ. In: SILVA, J. X. da; ZAIDAN, R. T. (Org.). **Geoprocessamento e análise ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SAMIZAVA, T. M.; NUNES, J. O. R.; IMAI, N. N.; KAIDA, R. H. SIG aplicado à avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Presidente Prudente – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005. p. 1-11.

SECRETARIA ESPECIAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – SEDU. **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/disposicao/disposicao_2.asp>. Acesso em: 11 ago. 2008.

SIMIELLI, M. E. Cartografia no ensino fundamental e médio, In: CARLOS, A. F. A. (Org.). **A geografia em sala de aula**. 5 ed. São Paulo: Contexto, 2003. p. 92-108.