

A impermeabilização do solo no entorno da Lagoa da Pindoba – Feira de Santana (Ba)

Tayana Borges Moraes ¹
Rosângela Leal Santos ²

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
Avenida Transnordestina, s/n - Novo Horizonte - 44036-900 – Feira de Santana - BA, Brasil
tayanabmoraes@gmail.com

² Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS
Avenida Transnordestina, s/n - Novo Horizonte - 44036-900 – Feira de Santana - BA, Brasil
rosangela.leal.uefs@gmail.com

Abstract. The process of urbanization intensifies the number of impermeable surfaces due to extensive construction of buildings and pavements. The increase of this kind of areas reduces water infiltration into the ground and raises the runoff, which affects the recharge to ground water. In this perspective, the research sought to evaluate the relationship between the process of urbanization in the region of Lagoa da Pindoba - Feira de Santana (BA) and the changes in your water mirror level, based on a orthophoto (2013) from CONDER - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. In order to assess the degree of impermeability, it was mapped the use and occupation of the area and estimated the average runoff coefficient, C, for the region using the methodology described by Tucci (2004). And with the results, it was calculated the peak discharge of the lake, by the Rational Method, and, in Spring 4.3.3, the runoff coefficients map and the Novo Horizonte soil infiltration classes map were produced. Thus, this research aims to contribute to a better understanding of the use and occupation of the soil in Novo Horizonte and assist the impermeability study of urban surface in Feira de Santana (Ba) and its impact on your lake system.

Palavras-chave: use and occupation of the urban soil, infiltration, runoff coefficient, image processing, uso e ocupação do solo urbano, infiltração, coeficiente de escoamento, processamento de imagens.

1. Introdução

A Lagoa da Pindoba, em Feira de Santana (Bahia), é um corpo de água perene que se encontra bastante antropizado, principalmente pela intensificação do processo de urbanização na região. Segundo Lobão e Machado (2005), o crescimento da ocupação urbana no entorno da lagoa ocorreu no final do século XX, com o surgimento do bairro Novo Horizonte e a ampliação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). A Lagoa da Pindoba é fonte de alimento e renda para diversas pessoas que ali habitam. Entretanto, vem sofrendo agressões [...] (LIMA et al., 1997).

Entre os danos decorrentes da expansão das cidades e modificação do uso e ocupação do solo, tem-se o aumento do grau de impermeabilização do terreno. As superfícies impermeabilizadas reduzem a capacidade de infiltração das chuvas, aumentando os riscos de erosão, deslizamento de massa e alagamentos de córregos e ruas. Essa água, que seria absorvida, estaria disponível para o abastecimento dos lençóis freáticos, os quais, com a capacidade de recarga reduzida, alteram os níveis dos corpos hídricos.

Em vista disso, a seguinte pesquisa buscou avaliar a relação entre o processo de urbanização na região da Lagoa da Pindoba e as alterações nos níveis do seu espelho de água, utilizando dados de sensoriamento remoto - ortofoto de Feira de Santana - Ba (2013) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O objetivo deste trabalho consiste em analisar a amplitude da impermeabilização do solo no entorno da lagoa, visando contribuir para o estudo da impermeabilização urbana de Feira de Santana, por meio da caracterização da área analisada e mapas elaborados com o auxílio de SIG.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo é referente ao entorno da Lagoa da Pindoba que se encontra no Bairro Novo Horizonte da cidade de Feira de Santana - Bahia, no limite norte com a Universidade Estadual de Feira de Santana.

No entorno da Lagoa da Pindoba, notou-se a intensificação da ocupação urbana, no final do século XX, nas décadas de 1980 e 1990, com o surgimento do bairro Novo Horizonte e ampliação da Universidade Estadual de Feira de Santana. A Lagoa da Pindoba é fonte de alimento e renda para diversas pessoas que ali habitam. Entretanto, vem sofrendo agressões [...] (Lima et al., 1997). Esse corpo de água é uma lagoa perene que se encontra bastante antropizada, seja pela redução da vegetação nativa, aterramento para construção de casas, construção da BR-116 Norte ou lançamento de dejetos e esgoto em suas águas, já que “o bairro Novo Horizonte, a Lagoa de Pindoba e a Lagoa do Prato Raso estão inseridos Bacia do Pojuca, onde não existe tratamento de esgoto.” (Teixeira, 2010. p.24). Além do avanço indiscriminado do conjunto habitacional sobre as margens da lagoa, ocorre a exploração do barro pelas olarias, o que altera sua forma. Outra modificação que pode ser notada é a redução do grau de permeabilidade da área, devido a substituição da vegetação natural por construções urbanas no local. “A introdução de superfícies impermeáveis diminui a infiltração e reduz a superfície de retenção, portanto tem-se uma diminuição do abastecimento do lençol freático, o que pode implicar desperenização dos cursos d’água.” (Tucci, 2002 *apud* Sebusiani; Bettine, 2011).

2.2 Procedimentos Metodológicos

Primeiramente, foi feito o levantamento das referências bibliográficas e dados cartográficos. Os dados foram coletados tanto em Bancos de Informações da CONDER - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia, quanto através de visita de campo. Foi utilizada como base do estudo a ortofoto obtida a partir de levantamento aerofotogramétrico de Feira de Santana, em 2013, elaborado pela CONDER.

Os dados de sensoriamento remoto, como as ortofotos, têm sido amplamente utilizados para analisar a dinâmica do espaço. Com o sensoriamento remoto é possível avaliar as respostas decorrentes de perturbações introduzidas pela atividade humana, de modo a prever o impacto dessas ações sobre suas condições de sustentabilidade em médio e longo prazo (Novo, 2005). Assim, a utilização desse conjunto de técnicas de obtenção e processamento de imagens constitui uma importante ferramenta para monitorar as mudanças ocorridas e prevenir o corpo hídrico analisado.

Em ambiente SIG, foi criado um banco de dados para reunir as informações temáticas da área que envolve a Lagoa da Pindoba. Nesta etapa, foram definidos alguns parâmetros geodésicos, como o uso da projeção UTM e adoção do Datum Sirgas 2000.

Posteriormente, com o auxílio do AutoCAD, foi realizada a vetorização, diretamente na ortofoto de 2013, das feições relevantes ao estudo (arruamento, área construída, vegetação, etc), pelo processo de interpretação visual. Durante esse procedimento, foram perdidas as referências geográficas, necessitando, portanto, fazer o registro vetorial, o qual foi realizado utilizando-se o Spring 4.3.3.

A partir das feições vetorizadas, ajustadas e poligonalizadas, determinou-se as seguintes classes temáticas, baseadas no uso e ocupação do solo, para mapear a cobertura superficial do terreno: Área Construída, Calçamento, Asfalto, Lagoa, Solo Exposto, Vegetação, Sem Pavimentação.

Então, realizou-se a conversão da representação vetorial das feições para matricial e, em seguida, no Spring 4.3.3, quantificou-se a extensão de cada classe, adotando-se a matriz com

uma resolução de 0,5m x 0,5m (considerando-se o erro de graficismo, também chamado de precisão gráfica). A quantificação dessas classes na superfície do terreno foi feita através da identificação dos polígonos sobre a ortofoto.

O coeficiente de escoamento superficial (C), ou coeficiente *runoff* é, geralmente, adotado com base em tabelas elaboradas a partir das características da bacia hidrográfica, como: o tipo de solo, a umidade prévia, a vegetação e uso e ocupação da região. O valor do coeficiente será maior quanto menores forem, a capacidade de infiltração e os volumes de água interceptados pela vegetação ou retidos nas depressões do terreno. Este estudo seguirá a metodologia descrita por Tucci (2004), a qual, ao considerar áreas heterogêneas, analisa separadamente cada uso e ocupação do terreno da bacia, classificando-os com um coeficiente próprio. E, depois, é obtida uma média ponderada em relação a área de cada região distinta para extrair o coeficiente de escoamento superficial médio para a região analisada (Equação 1):

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

Em que,

C: coeficiente de escoamento superficial médio calculado;

C_n: coeficiente de escoamento superficial de área específica;

A_n: área relativa ao coeficiente C_n.

Utilizando-se o Método Racional, com o valor estimado de C, foi calculado o pico de vazão para a lagoa. O método racional é caracterizado por englobar em um coeficiente, o coeficiente de *runoff*, todos os processos hidrológicos para a transformação de precipitação em vazão. Ele é normalmente utilizado para determinar a vazão máxima de pequenos corpos hídricos.

O cálculo da vazão de cheia é realizado pela seguinte fórmula racional (Equação 2):

$$Q = 0,278 C I A \quad (2)$$

Em que,

Q é a vazão de pico, em m³/s;

C é o coeficiente de escoamento superficial médio;

I é a intensidade da chuva sobre toda a área em mm/h;

A é área do corpo hídrico em km².

Por fim, com todos os dados obtidos, foram produzidos, no Spring 4.3.3, mapas dos coeficientes de escoamento e das classes de infiltração do solo do Novo Horizonte.

3. Resultados e Discussão

Através da identificação e quantificação da distribuição espacial de cada classe, obteve-se o mapeamento do uso e ocupação urbana da região em estudo (Figura 1) e as áreas de cada estrato (Tabela 1).

Através dos dados obtidos, foi possível quantificar e avaliar a disposição das superfícies permeáveis e impermeáveis da região estudada. Esta análise, de maior ou menor percentual de regiões impermeabilizadas, permite identificar as áreas que apresentam maiores indícios de comprometimento da qualidade do corpo hídrico.

A classe que apresentou maior porcentual de participação no terreno foi a de Vegetação, na qual se considerou a vegetação tanto de alto como de baixo porte, como mata ciliar e gramíneas, respectivamente. Segundo Bertoni et al. (1990, p.59), os efeitos da vegetação no solo podem ser enumerados da seguinte forma: "(a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; (c)

decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.” Sendo assim, percebe-se que essas áreas são de grande importância para uma maior infiltração e armazenamento de água no solo, o que irá abastecer os lençóis freáticos, evitando, desta maneira, a redução do espelho d’água da lagoa nos períodos sem precipitações regulares.

Tabela1: Quantificação das áreas das classes e suas respectivas participações no espaço

Classes	Áreas (m ²)	Participação (%)
Área Construída	140172,99	22,73
Calçamento	31655,20	5,13
Asfalto	4817,66	0,78
Lagoa	193694,53	31,41
Solo Exposto	13283,74	2,15
Vegetação	211747,45	34,34
Sem Pavimentação	21301,53	3,45
Área Total Ocupada	616673,10	100,00

A classe Área Construída também apresentou significativa contribuição no uso e ocupação do solo. As regiões classificadas nesse estrato são caracterizadas pela predominância de residências de médio porte com vegetação isolada, muitas vezes, impermeabilizada no seu entorno. Esse tipo de ocupação favorece a redução da permeabilidade do solo. Superfícies impermeabilizadas diminuem a capacidade de infiltração e aumentam o escoamento das águas das chuvas, potencializando os riscos de erosão, deslizamento de massa e alagamentos de córregos e ruas. Essa água que seria absorvida estaria disponível para as plantas, diminuindo a incidência de secas, e para o abastecimento dos lençóis freáticos, os quais, com a capacidade de recarga reduzida, tem a sua principal fonte de água comprometida para a manutenção das lagoas na época seca do ano, o que pode levar a seca total do sistema lacustre nesse período.

Com base na metodologia proposta por Tucci (2004), encontrou-se o valor de 0,25 para o coeficiente médio de deflúvio da região analisada. O coeficiente de escoamento superficial de cada sub-região identificada através da ortofoto foi obtido com base na tabela dos valores adotados pela Prefeitura do Município de São Paulo (Wilken, 1978) e na tabela extraída do Manual de Técnicas de Bueiros e Drenos da ARMCO.

Para a Classe 1 - Área Construída adotou-se o valor médio de 0,65, referente ao coeficiente C de edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas. Foi determinado o coeficiente C médio 0,13, da zona de matas, parques e campos de esporte para a Classe 2 – Vegetação. Na Classe 3 – Asfalto utilizou-se o valor mediano de 0,88, do coeficiente C de superfícies asfaltadas e em bom estado. Atribuiu-se o coeficiente C médio de 0,80, que caracteriza pavimentações de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas, para a Classe 4 – Calçamento. E por fim, tanto para a Classe 5 – Solo Exposto, quanto a Classe 6 – Sem Pavimentação, admitiu-se o coeficiente C médio de 0,20, equivalente a superfícies não revestidas, pátios de estrada de ferro e terrenos descampados.

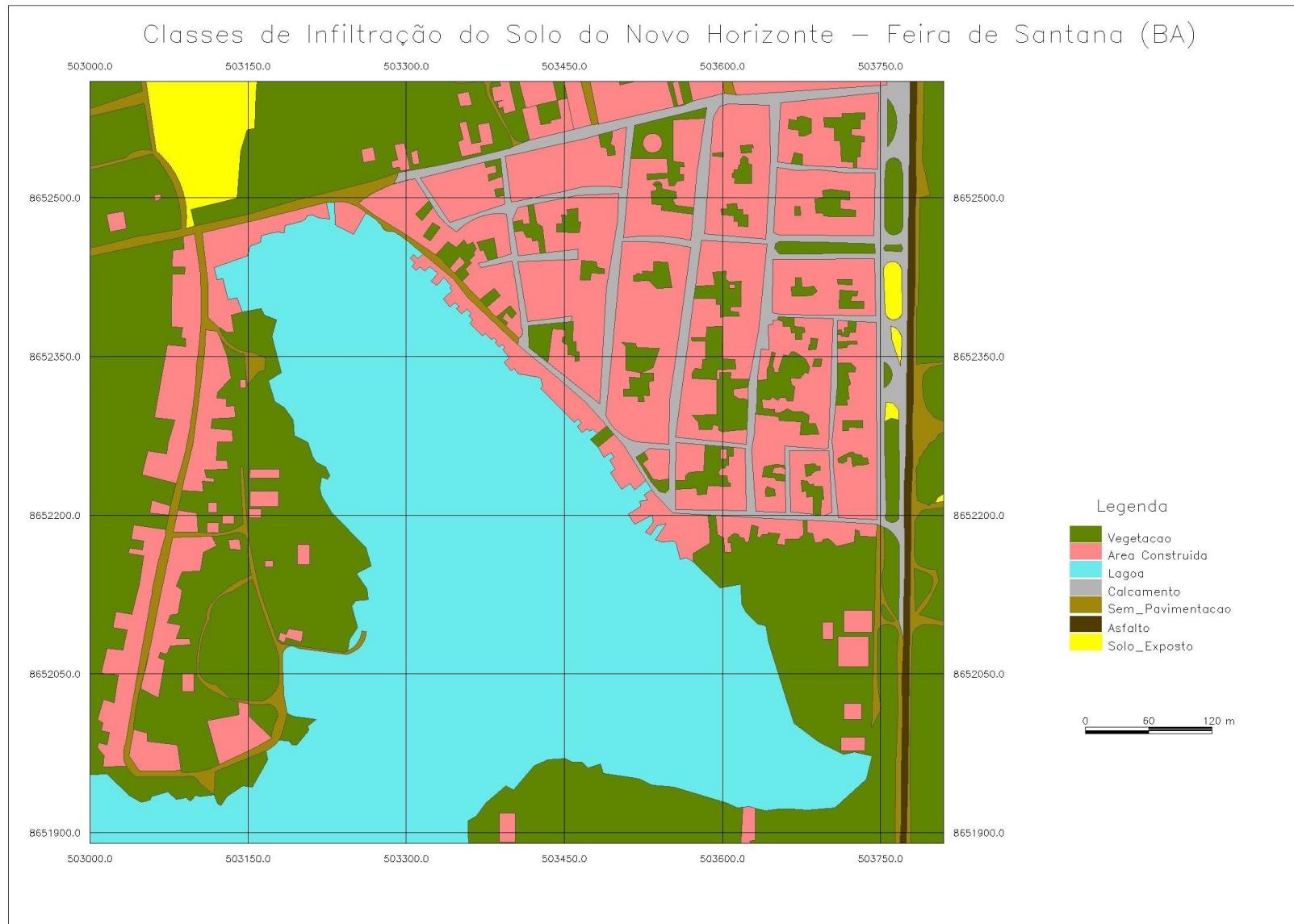


Figura 1: Mapa das Classes de Infiltração do Solo do Novo Horizonte

Assim, cada uso e ocupação de solo da região foi enumerado como uma classe, sendo elas relacionadas com seu respectivo coeficiente C na Tabela 2. Com base nessas informações produziu-se, no Spring 4.3.3, o mapa de cada classe considerando-se cada coeficiente de escoamento superficial (Figura 2).

Segundo Yoshizane (2008), para macro drenagem urbana como canais, pontes e bueiros, o tempo de retorno adotado é igual a 25 anos. Portanto, para corrigir o coeficiente C para o período de retorno considerado, multiplicou-o pelo valor 1,10 encontrado na Tabela 3, obtendo-se o valor de C igual a 0,28.

Tabela 2: Coeficiente C associado a cada classe

Uso e Ocupação	Classes	Coeficiente C
Área Construída	Classe 1	0,65
Vegetação	Classe 2	0,13
Asfalto	Classe 3	0,88
Calçamento	Classe 4	0,80
Solo exposto	Classe 5	0,20
Sem Pavimentação	Classe 6	0,20

Tabela 3: Fator de Correção do Coeficiente C (Fonte: TUCCI, 2004).

Tempo de Retorno (Anos)	Multiplicador
2 a 10	1,00
25	1,10
50	1,20
100	1,25

Por meio do Método Racional, obteve-se para a vazão máxima o valor de 3,552 l/s ($0,003552\text{m}^3/\text{s}$), que expressa a quantidade volumétrica escoada. Para o cálculo, foi utilizada a intensidade de chuva igual a 0,074 mm/h, calculada com base nos dados pluviométricos médios de Feira de Santana, no ano de 2013 (Estação Climatológica 83221, UEFS/INMET). (Tabela 4). O resultado obtido para a vazão máxima significa que choveu em uma hora uma quantidade de 0,074 litros por m^2 , e a quantidade volumétrica escoada foi de 3,552 l/s ($0,003552\text{m}^3/\text{s}$).

Tabela 4: Dados pluviométricos médios de Feira de Santana – 2013

Mês	Intensidade (mm)
Jan	123,0
Fev	5,7
Mar	1,0
Abr	93,6
Mai	39,5
Jun	112,3
Jul	0,2
Ago	54,0
Set	34,6
Out	59,4
Nov	55,7
Dez	66,2

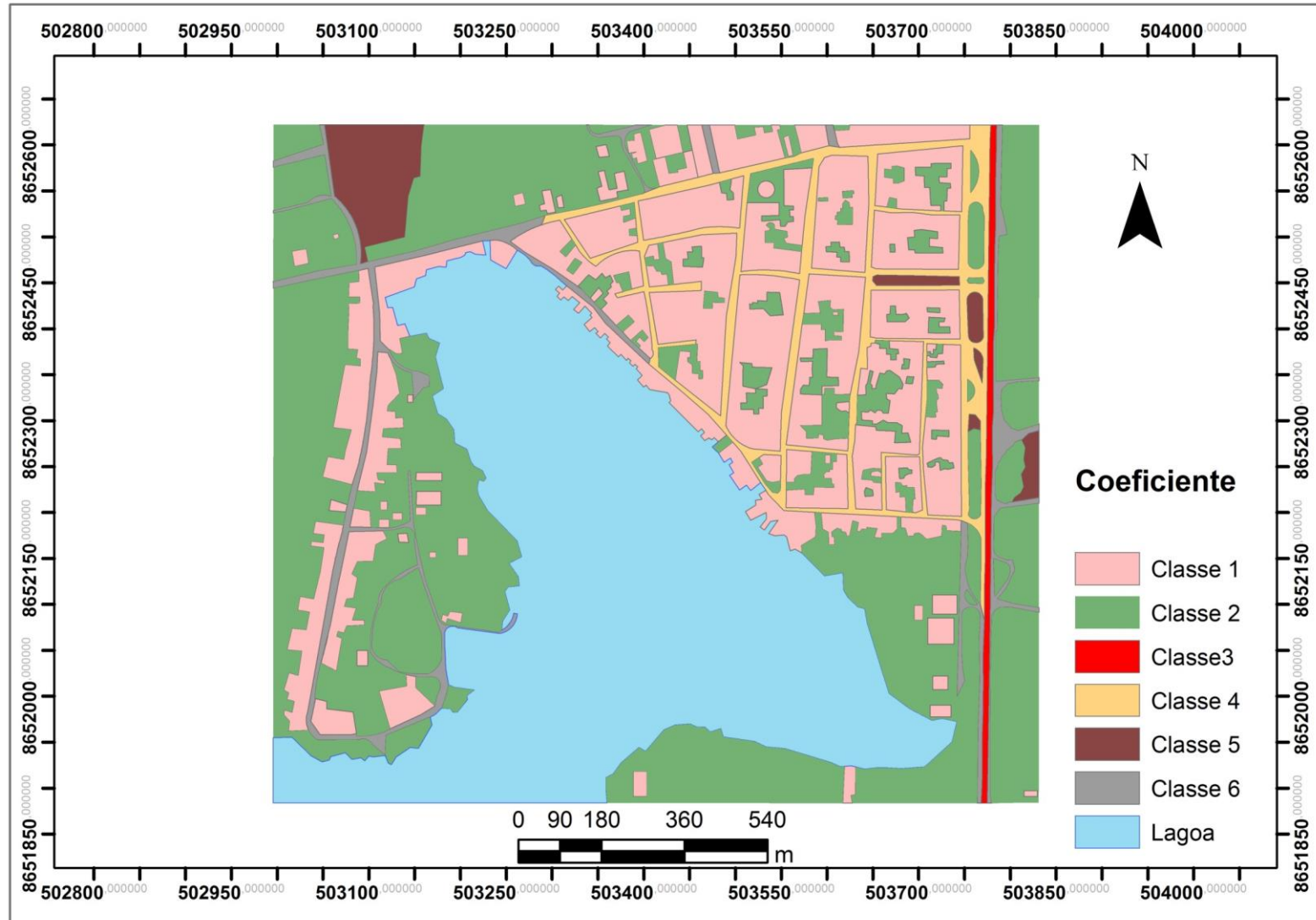


Figura 2: Mapa da classificação do terreno com base no Coeficiente C

4. Considerações Finais

Com base nos resultados da análise da cobertura superficial do solo do Novo Horizonte, realizada através da quantificação do uso e ocupação do terreno, pode-se concluir que, apesar da área apresentar zonas impermeáveis, compostas essencialmente por loteamentos irregulares que não obedecem a faixa de proteção estabelecida por lei, o valor do Coeficiente C encontrado, 0,28, e da vazão máxima, 3,552 l/s (0,003552 m³/s), revelam que o processo de escoamento superficial ainda não é significativo. Acredita-se que o mesmo é influenciado principalmente pela não pavimentação das vias, manutenção de áreas verdes e permeáveis nos lotes e a vegetação natural no entorno, em áreas não construídas, que ainda mantem seu aspecto de uso tradicional, como áreas de pastagem.

Entretanto, é importante salientar que a continuidade do modelo de urbanização atual, em que é observado o aterramento do sistema lacustre para construções de residências, contaminação da água pelo lançamento de esgotos domésticos, deposição de lixo no entorno da Lagoa da Pindoba e retirada da vegetação nativa, pode potencializar algumas consequências, que já são notadas nesse corpo hídrico, como a redução do espelho d'água, diminuição do seu potencial de permeabilidade, rebaixamento do lençol freático e aumento do escoamento superficial.

Esse estudo pretende enfatizar o crescente processo de impermeabilização da área, o qual, caso não sejam propostas intervenções para minimizar o impacto da ocupação antrópica, pode elevar os valores da vazão e do coeficiente de escoamento da área, acarretando, desta maneira, impactos ambientais negativos, os quais implicarão significativamente na qualidade de vida urbana e no desaparecimento do sistema lacustre.

Assim, com esta pesquisa, espera-se contribuir para uma melhor compreensão das características do uso e ocupação do solo no bairro do Novo Horizonte e, a partir daí, contribuir para o estudo da impermeabilização do solo urbano de Feira de Santana e suas repercussões no seu sistema lacustre.

Referências Bibliográficas

- ARMCO – Industrial e Comercial S/A. **Manual da Técnica de Bueiros e Drenos**. Rio de Janeiro: ARMCO, 1943.
- Bertoni, José; Lombardi Neto, José. **Conservação Do Solo**. – São Paulo: Ed. Ícone, 1990. 355 p.
- Lima et al. **Relatório de Estágio Supervisionado Novo Horizonte**. Monografia (Curso de Especialização em Saúde Pública) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia. 1997. 87f.
- Machado, R. A. S.; Lobão, J. S. B.. **Avaliação multi-temporal da ocupação das Lagoas urbanas de Feira de Santana - BA, por meio de Sistema de Informação Geográfica**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 2005, p.3797-3804. Disponível em: <<http://mart.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.17.42/doc/3797.pdf>> Acesso em: 13 set 2016.
- Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto aplicado à ecologia aquática** In: Roland, F.; César, D.; Marinho, M. (ed.). Lições de limnologia. São Carlos: RiMa, 2005. cap.5, p.417-432.
- Sebusiani, Helena Rennó Vianna; Bettine, Sueli do Carmo. **Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana**. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, Taubaté, SP, Brasil, v.7p. 256-285, Jan/Abr 2011.
- Teixeira, N. M. A. **Ocupação urbana em área de proteção ambiental: o caso da lagoa da Pindoba em Feira de Santana - BA**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia. 2010.117 p.
- Tucci, C. E. M. 2004. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH. 943 p.
- Wilken, Paulo Sampaio. **Engenharia de Drenagem Superficial**; São Paulo: CETESB.1978.
- Yoshizane, Hiroshi P. **Hidrologia e Drenagem**. CESET - UNICAMP – LIMEIRA. 2008. Disponível em <<http://www.ceset.unicamp.br/~hiroshiy/ST%20-%20306/METODO%20RACIONAL%20-%202008%20ATUALIZADO.pdf>>. Acesso em: 20/07/2016.