ANÁLISE DE PARÂMETROS URBANÍSTICOS DE DRENAGEM PLUVIAL

Andréa Regina Martins Fontes [1]
Ademir Paceli Barbassa[2]

Resumo - A pesquisa enfocou a interdependência entre o processo de urbanização e o sistema de drenagem para o controle de enchentes. O objeto de estudo foi São Carlos, cidade de médio porte, com aproximadamente 170.000 hab. Acessaram-se aerolevantamentos de 1970, 1978, 1988 e 1998, realizaram-se visitas de campo, e foram obtidos dados do IBGE e da Prefeitura de São Carlos. Tais bancos de dados foram analisados por meio de SIG e aplicado um estudo estatístico que possibilitou sua caracterização por meio dos de vários parâmetros e seus cruzamentos. São eles: Taxa de Ocupação, Taxa de ocupação e impermeabilização, Coeficiente de Aproveitamento, Densidade Populacional, Uso do solo e Área Permeável

A metodologia e sua aplicação permitem a confecção do diagnóstico e prognóstico do desenvolvimento urbano visando aplicações em planejamento urbano e de drenagem, em legais e etc. Enfoca-se, neste artigo, a ocupação de áreas livre dos lotes, a relação entre TOI e densidade populacional e outras. Possibilita-se assim, harmonizar melhor os meios físico e antrópico e tentando direcionar este crescimento para uma situação mais desejável.

Abstract - The relationship between urbanization process and drainage was studied to facilitate the urban flood control. São Carlos city was the focus of this study, having 170.000 inhabitants and being classified as a medium size city. Areophotogrammetery of years 1970. 1978. 1988 and 1998 was studied, field visits were made, and data were obtained from IBGE and São Carlos municipality. All these data were analyzed using SIG and statistics. Characterization of data was made to obtain various parameters and their correlations. The parameters studied include: occupation rate, occupation and impermeability rate, covered space coefficient, population density, soil use and permeable area. These characteristics allowed the diagnoses and prognoses of the urban development to improve the urban, drainage design and review the existing regulations. This paper

[1] Prof. da UNIFRAN, Mestre em Eng. Urbana pela UFSCar. E-mail: a.fontes@terra.com.br

[2] Prof. do Departamento de Eng. Civil da UFSCar, Rodovia Washington Luis, km 232 – São Carlos – SP – 13560-970 – Tel. 0xx16 2608262 - E-mail: barbassa@power.ufscar.br

focuses free lot areas, occupation and impermeabilization rate, population density relationship and others. It provides a possible better understanding about anthropologic and physical environments and attempts to guide the city development to desirable conditions.

Palavras-Chave - Taxa de Ocupação e Impermeabilização, Morfologia Urbana, Drenagem, Crescimento Urbano.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização traz profundas modificações no uso do solo, que por sua vez causam marcas permanentes nos processos de infiltração e drenagem das áreas urbanizadas, apresentando os efeitos mais notáveis no aumento do escoamento superficial e na diminuição da infiltração.

As soluções para esses tipos de problemas podem ser minoradas ou até mesmo evitadas se os planejadores observarem mais atentamente como a drenagem se processa numa área urbana, incorporando esses conhecimentos desde as atividades preliminares do processo de planejamento urbano, sobretudo em termos de uso e ocupação do solo.

A bacia urbana possui muitas superfícies impermeáveis, tais como as construções, as vias e os pisos, essas superfícies produzem aceleração no escoamento, através da canalização e da drenagem superficial.

O planejamento é um trabalho que antecede um empreendimento, segundo métodos e roteiros pré determinados, seu objetivo é minimizar os impactos e otimizar o desempenho das conseqüências, vejam-se Ferrari (1988), Lamas (1992).

As inundações que assistimos periodicamente são provocadas pelo mau uso dos recursos hídricos, do solo, do ar, descaso com os resíduos sólidos, entre outros. Nessa lógica temos três pontos principais a serem combatidos: elaborar um planejamento integrado entre áreas, prevendo uma compreensão mais complexa da cidade; educar a população, participando-a dos problemas e consequentemente fazendo-a ter consciência de sua interferência sobre o meio ambiente; elaborar e fazer cumprir as devidas leis, por meio do poder público.

Mesmo o planejamento de drenagem mais abrangente, acaba sendo vítima do crescimento desordenado. O desenvolvimento da cidade deve ser previsto e conduzido, nunca autoritariamente, à situações aceitáveis. Para isso deve haver, simultaneamente, a ajuda da comunidade e o cumprimento das leis.

Os problemas das cidades devem ser controlados para que a vida urbana não se torne insustentável, como acreditava o engenheiro sanitarista Saturnino de Brito (1864-1929) “deve-se evitar os erros provenientes de deixar o crescimento urbano suceder ao acaso”. Alegava ainda, ao defender a organização e previsão das cidades, que a expansão urbana não deve depender do acaso, dos caprichos dos proprietários ou das administrações locais. Suas intervenções urbanísticas entendem a cidade na sua totalidade, conciliando o passado, ao redesenhar a cidade existente, e o futuro, planejando o crescimento urbano.

O presente trabalho levanta a Taxa de Ocupação e Impermeabilização (TOI) produzida a partir do cruzamento da taxa de ocupação e área permeável, a partir de levantamento aerofotogramétrico e pesquisa de campo respectivamente. Com a TOI pode-se destacar o comprometimento real para a drenagem das áreas livres privadas, nas diferentes zonas da cidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos realizados baseiam-se em levantamentos de campo, em mapas aerofotogramétricos cobrindo um período de 28 anos, em informações cadastrais da Prefeitura Municipal, em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e na Lei de Uso e Ocupação do Solo. A cidade de São Carlos - SP, foi escolhida como objeto de estudo da pesquisa por ser uma cidade de médio porte e pela facilidade da coleta de dados.

São Carlos é uma cidade de tradição industrial, localizada numa posição geograficamente estratégica: a 244km de São Paulo, a 153km de Campinas, a 116km de Ribeirão Preto e a 315km do Porto de Santos. É cortada pelo córrego do Monjolinho e pelo córrego do Gregório. As áreas das bacias somadas representam aproximadamente 78 km^2. A seguir descrevem-se as coletas e tratamento dos dados.

Coleta de Dados Aerofotogramétricos

Foram utilizados para esta fase levantamentos aerofotogramétrico da cidade de São Carlos extraídos de vôos aéreos datados de 1970, 1978, 1988 e 1998. Esse material possibilitou a avaliação da evolução das formas físicas ao longo do tempo.

O mapa e as fotos foram digitalizados e suas informações foram passadas para vetores. A análise dos elementos morfológicos levantados aconteceu por meio da manipulação das imagens vetorizadas dentro de um sistema de informação geográfica (SIG).

Seguem abaixo os elementos morfológicos vetorizados neste levantamento:

- Total de área construída projetada de uma quadra para os anos de 1970, 1978, 1988 e 1998;

- número de construções na quadra para os anos de 1970, 1978, 1988 e 1998

Coleta de dados cadastrais da Prefeitura Municipal de São Carlos

Neste levantamento foram colhidas as informações no cadastro da prefeitura. Este cadastro é usado para o recolhimento de IPTU, portanto é o mais atualizado que a prefeitura possui. Os elementos morfológicos colhidos neste levantamento (somente para o ano de 1998) foram :

- Total de área construída de uma quadra;
- Uso do solo;
- Número de domicílios.

Coleta através de visitas de campo

Na visita de campo foi possível avaliar *in loco* algumas das hipóteses da presente pesquisa. Foram feitas entrevistas com os moradores para que estes respondessem se existia ou não área permeável em seu lote e em caso afirmativo era feita a medição.

Os elementos morfológicos, colhidos em 1998, foram :

- Área permeável;
- Uso do solo;

Coleta de informações populacionais do IBGE

Neste levantamento foram avaliados a distribuição dos setores censitários no mapa da cidade e entendido o comportamento da densidade. O mapa do IBGE utilizado foi o do ano de 1991, portanto foram feitas estimativas populacionais para as datas selecionadas para o estudo. Usou-se o método da taxa média geométrica (IBGE). Para cada setor censitário obtiveram-se área, população, densidade e proporção em relação à área total.

Os partir dos elementos morfológicos colhidos neste levantamento, estimou-se:

- População para os anos de 1998, 1988, 1978 e 1970;
- Densidade para cada setor censitário nos anos de 1998, 1988, 1978 e 1970;

ESTUDO ESTATÍSTICO

Para a análise dos parâmetros urbanos foi aplicado um estudo estatístico por amostragem. Averiguou-se que seria interessante para esta análise amostral, que a cidade fosse dividida em zonas

homogêneas, figura 1. Entende-se por zonas homogêneas, aquelas que têm os elementos morfológicos, a serem analisados nesta pesquisa, distribuídos de forma semelhante. Cada zona teve um sorteio separado para garantir a amostragem aleatória estratificada proporcional.

A cidade de São Carlos de forma geral tem uma estrutura configuracional “espalhada”, concentrando na região central os serviços especializados e a verticalização, num raio um pouco maior concentra-se grande densidade populacional, mas com muitos vazios urbanos e na periferia a densidade é baixa e a ocupação rarefeita. Observando este comportamento, optou-se por agregar ao presente trabalho a única regra urbanística da cidade que determina a sua divisão nas chamadas “zonas de expansão”. O estudo teve como suporte para todos os levantamentos um mapa base fornecido pela Prefeitura Municipal da Cidade de São Carlos (PMSC), o mapa representa a

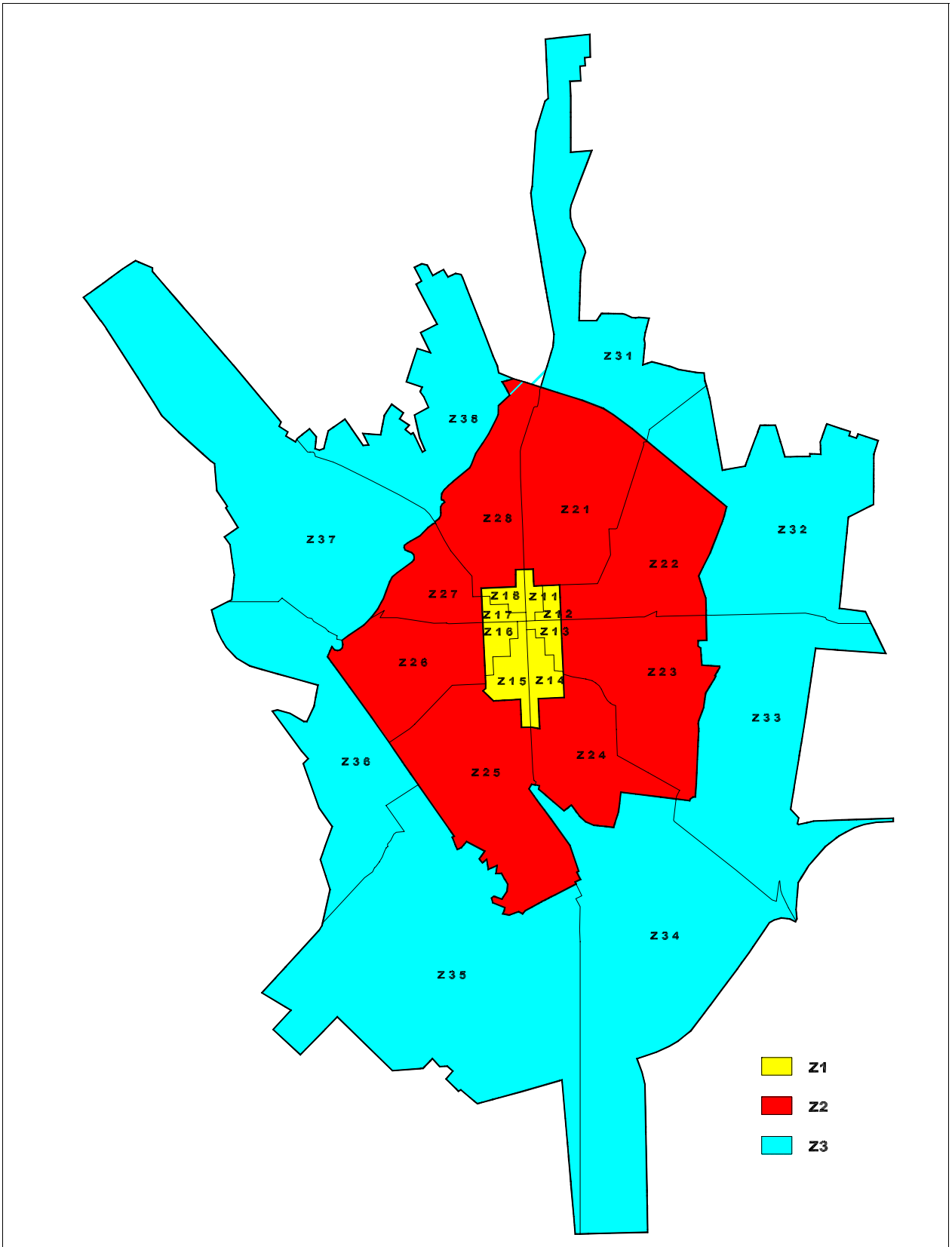

Figura 1: Distribuição espacial das zonas e subzonas

estrutura viária da cidade, é georeferenciado e está em extensão (dwg). Com a posse do mapa base, foram feitas as divisões das zonas de expansão e finalmente uma outra divisão que setorizasse cada direção dos anéis, tornando possível fazer uma análise parcial e entender a distribuição dos parâmetros urbanísticos estudados em cada direção da cidade.

Esta subdivisão foi feita a partir de grandes corredores viários, obedecendo a uma lógica cardial de direção. Cada zona foi dividida em oito partes, somando ao todo 24 subzonas. Na figura 1 pode-se ver a divisão do perímetro urbano em zonas de expansão e nas 24 subzonas.

Para o levantamento dos elementos morfológicos eleitos, foi necessário estipular uma unidade espacial de trabalho. Essa unidade deveria estar presente em toda a cidade e ainda deveria proporcionar o maior número de cruzamentos de dados possível.

A unidade espacial que melhor preencheu essas exigências foi a "quadra". A dimensão da quadra engloba um conjunto de lotes, onde os edifícios são locados (aumento da impermeabilização) e a quadra é delimitada pelas ruas. A partir da unidade espacial selecionada, foram numeradas todas as quadras da cidade, contabilizando o total de 2621 quadras.

Planejamento Amostral

Tomando como referência o ano de 1998, pois é a mais recente das 4 datas que o estudo abrange, adotou-se um procedimento por amostra aleatória estratificada pelas zonas 1, 2 e 3, que por sua vez, foram subdivididas em oito partes, conforme mostra figura 1. A unidade amostral escolhida foi a quadra e a variável principal adotada foi a relação de área construída projetada por quadra. Para determinar o tamanho da amostra (**n**) foi utilizada a fórmula 1:

$$n = \frac{N.\sigma^2}{\sigma^2 + (N-1).\left(\frac{E}{z}\right)^2} \qquad (1)$$

onde:

σ^2 é a variância da variável principal;

N é o tamanho da população;

E é o erro máximo admitido na estimativa da média;

z é o quantil da distribuição normal correspondente a 95% de confiabilidade na estimativa da média

Esta fórmula válida, para amostra aleatória simples e estimativa da média populacional da variável principal, fornece um tamanho amostral maior do que o requerido pelo procedimento amostral aqui adotado, Benze e Tomazella (1999).

Fazendo-se o cálculo de tamanho de amostra para cada setor n_n com a fórmula 2 :

$$n_n = \frac{N_1}{N} n \qquad (2)$$

onde:

N_1 é igual ao tamanho do setor;

N a população;

n é a amostra inicial.

Os sorteios definitivos, sorteios estes para as coletas de vetorização e visita de campo, basearam-se na variância ($\hat{\sigma}^2$ = 15,21) encontrada no estudo piloto executado para este fim.

O sorteio para a coleta de vetorização e o levantamento dos dados populacionais têm a maior das amostras, 208 unidades (erro máximo de 2%) para cada uma das quatro datas históricas, já o levantamento dos dados cadastrais e a coleta por meio de visitas de campo referem-se somente a última data e têm 146 (por não terem sido encontradas o total das 208) e 50 unidades (erro máximo de 4,17%) respectivamente . Nota-se que as amostras menores partiram de um resorteio das 208.

A figura 2 se refere à distribuição espacial do Sorteio para a Vetorização (208 quadras). Este sorteio vai levantar por meio da vetorização de mapas e fotos aerofotogramétricas o total de área construída projetada e número de construções de cada quadra para os anos de 1970, 1978, 1988 e 1998.

Os bancos de dados foram analisados com a ajuda de um Sistema de Informação Geográfica, o qual permitiu cruzar os parâmetros urbanísticos entre si e com os parâmetros populacionais e de uso do solo. Estas análises foram então realizadas espacial e temporalmente e assim são mostradas no item seguinte. Usaram-se ainda de parâmetros estatísticos para representação do desenvolvimento urbano.

RESULTADOS E ANÁLISES

Apresentam-se neste item as avaliações da distribuição do percentual de impermeabilização de áreas livres dos lotes e, na seqüência, a relação entre as taxas de ocupação e impermeabilização

(TOI) e densidade habitacional e da relação entre TOI e TO (taxa de ocupação). Os resultados são apresentados por zonas e subzonas.

Distribuição de Áreas Permeável e Impermeável em áreas livres

A quantificação da área permeável, conforme visto na metodologia, é fruto de visitas de campo

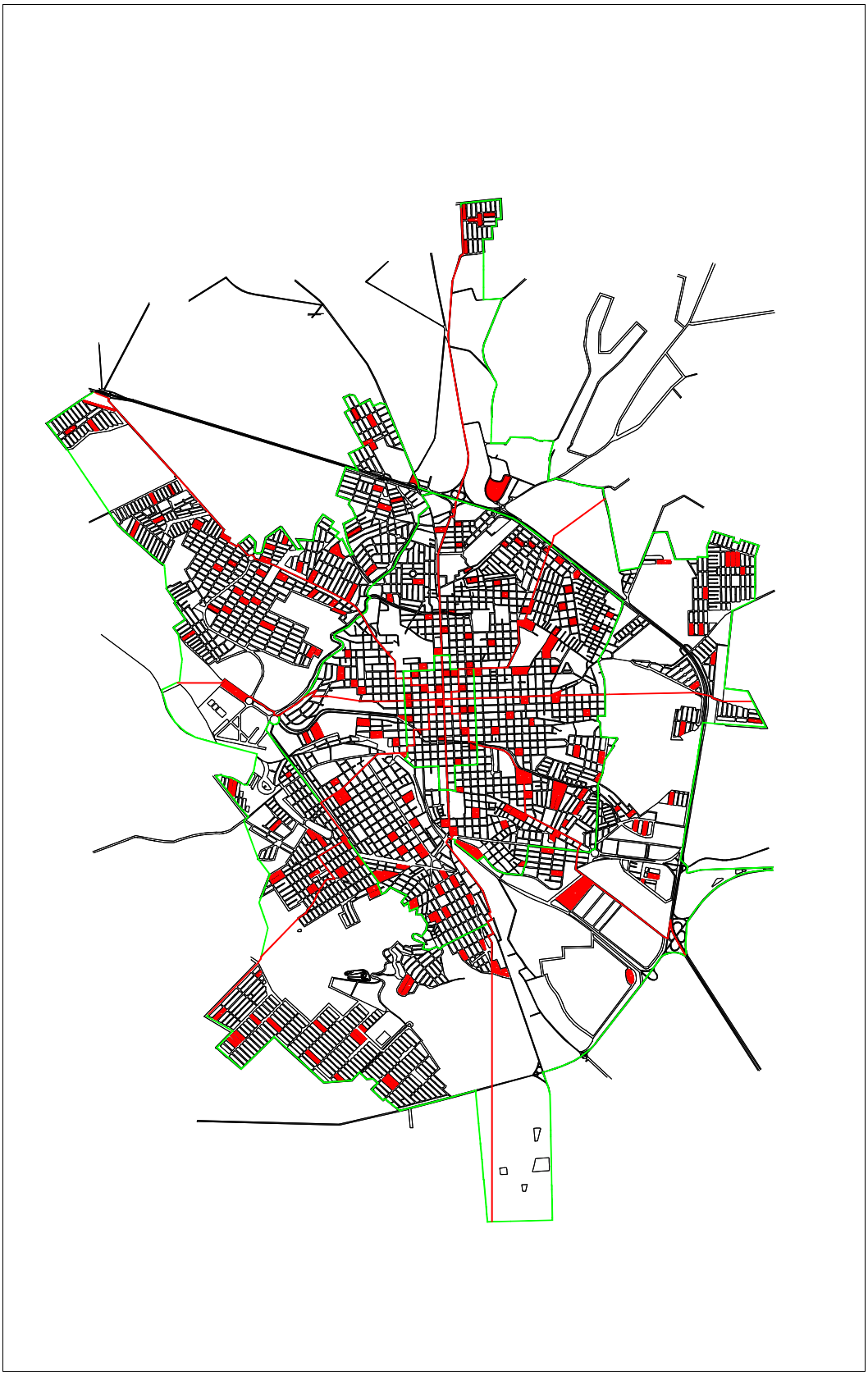

Figura 2: Distribuição Espacial do Sorteio Definitivo para vetorização (208 quadras)

através de uma amostra de 50 quadras.

As figuras 3, 4 e 5, mostram o cruzamento dos dados da taxa de ocupação (que levantaram a área livre de cada quadra estudada) e a área permeável colhida *in loco* resultando na descoberta da porcentagem de área impermeável de cada quadra das zonas 1, 2 e 3 respectivamente.

A figura 3 mostra a relação da porcentagem das áreas permeáveis e impermeáveis nas áreas livres da zona central ou zona 1.

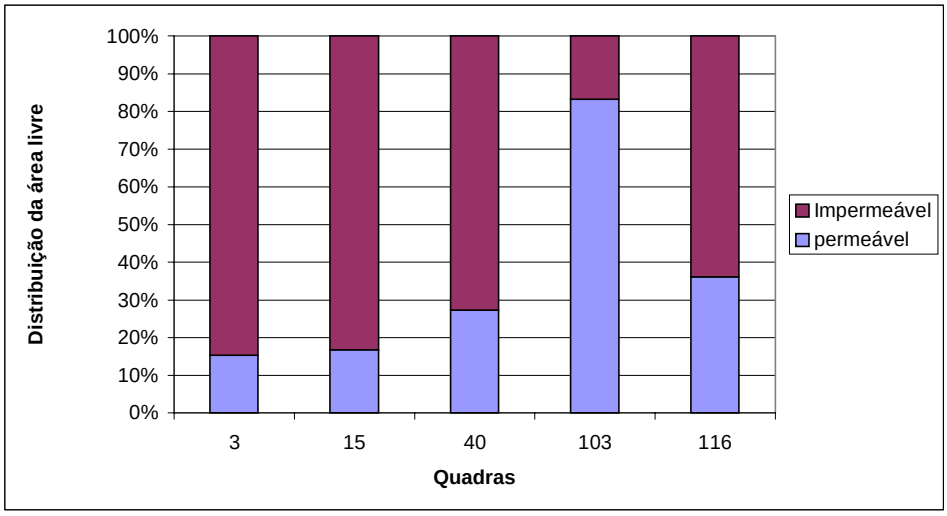

Figura 3: Relação da média da porcentagem de áreas permeáveis e Impermeáveis nas áreas livres para a zona 1

Foram analisadas 5 unidades do total de quadras para zona central, distribuídas uma para cada subzona z11, z12, z14, z16 e z17. Nesse caso foi mais interessante colocar os números das quadras (3, 15, 40, 103 e 116) porque este sorteio não tem quadras em todas as subzonas.

A figura 2 mostra a pequena porcentagem de área permeável dentro da zona central da cidade. Exceto pela quadra 103 que por ter uso exclusivamente institucional, proporcionou uma ocupação privilegiada para a permeabilidade do solo. Ressalta-se que a zona central tem os dados mais frágeis por terem suas médias retiradas de somente uma quadra por subzona. Portanto, como no caso da quadra 103, se a ocupação for diferenciada poderá nos levar a conclusões erradas em relação a proporcionalidade dos resultados. Esta análise, no entanto, tem a vantagem de conhecer o uso do solo de todas as quadras visitadas. A figura 4 mostra a relação da porcentagem das áreas permeáveis e impermeáveis nas áreas livres da zona intermediária ou zona 2.

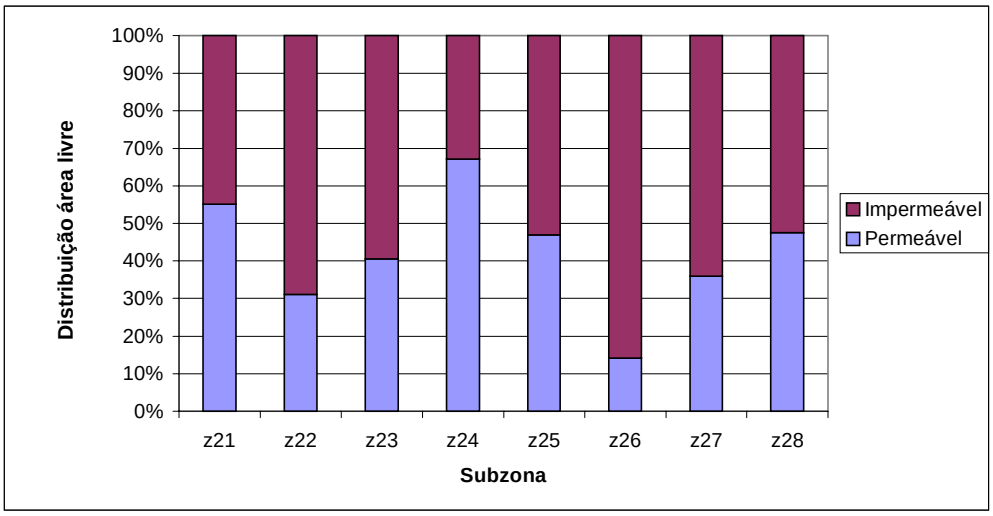

Figura 4: Relação da média da porcentagem de áreas permeáveis e impermeáveis nas áreas livres para a zona 2

Foram analisadas 20 unidades do total de quadras da zona de bairros, distribuídas em 3, 3, 3, 3, 4, 1, 1, 2 respectivamente para cada uma das 8 subzonas.

Na zona dos bairros podemos concluir, pelo gráfico da figura 4, que houve o aumento de área permeável em relação à zona central, mas que as áreas impermeáveis são ainda maioria. No geral, as casas visitadas "cimentam" suas frentes e quintais alegando uma maior praticidade no dia a dia.

A figura 5 mostra a relação da porcentagem das áreas permeáveis e impermeáveis nas áreas livres da zona periférica ou zona 3.

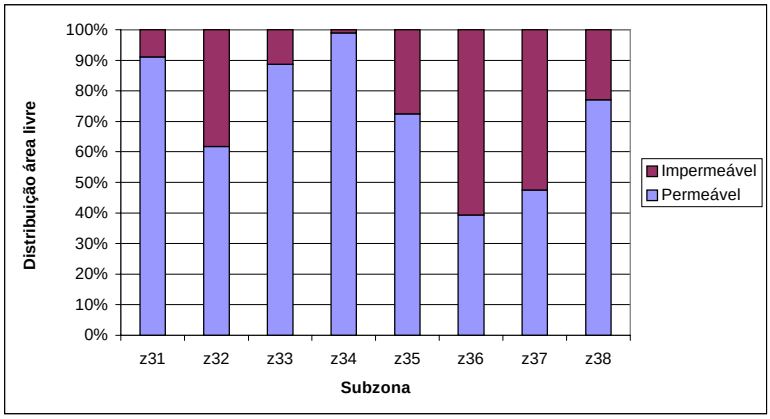

Figura 5: Relação da média da porcentagem de áreas permeáveis e impermeáveis nas áreas livres para a zona 3

Foram analisadas 25 unidades do total de quadras da zona de bairros, distribuídas em 1, 3, 2, 1, 5, 3, 5, 5 respectivamente para cada uma das 8 subzonas.

A figura 5, mostra de forma evidente o aumento da área permeável em relação as outras zonas da cidade. Muito desse aumento é explicado por terrenos baldios e/ou áreas livres totalmente permeáveis.

Pela figura 6 observa-se o crescente aumento da permeabilidade do solo na direção centro/periferia. Este aumento deve-se a utilização do solo, pela especulação imobiliária e pela crescente substituição de uso do solo nas áreas centrais que acabam por levar a um aumento da impermeabilização do solo. Na zona dos bairros a população aos poucos vai cada vez mais "cimentando" suas áreas livres. Em geral as áreas livres dos assentamentos de baixa renda são de terra batida e/ou com mato descuidado.

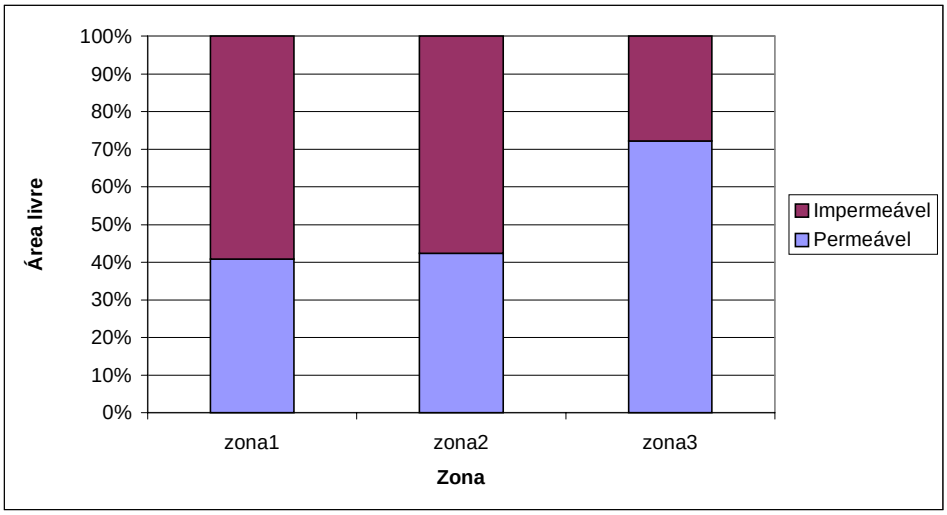

Figura 6 – Valores percentuais médios de áreas livres permeáveis e impermeáveis para as zonas central, intermediária e periférica.

Cruzamentos entre Taxa de Ocupação (TO) e Impermeabilização (TOI) e Densidade

Este cruzamento proporcionou traçar um perfil direto entre a porcentagem de área que cada quadra pode ajudar na retenção das águas de chuva e o quanto as mesmas contribuem para o escoamento superficial da cidade.

Para chegar à taxa de impermeabilização de cada quadra (TOI), foi somada a área edificada projetada no terreno e a área impermeável de sua área livre dividida pela área total do terreno, poderia também ser calculada subtraindo o total de área da quadra e sua respectiva área permeável.

A figura 7 permite a comparação da relação da TOI e da Densidade nas subzonas da cidade. Pode-se assistir ao comportamento médio de todas as subzonas avaliadas nas visitas de campo.

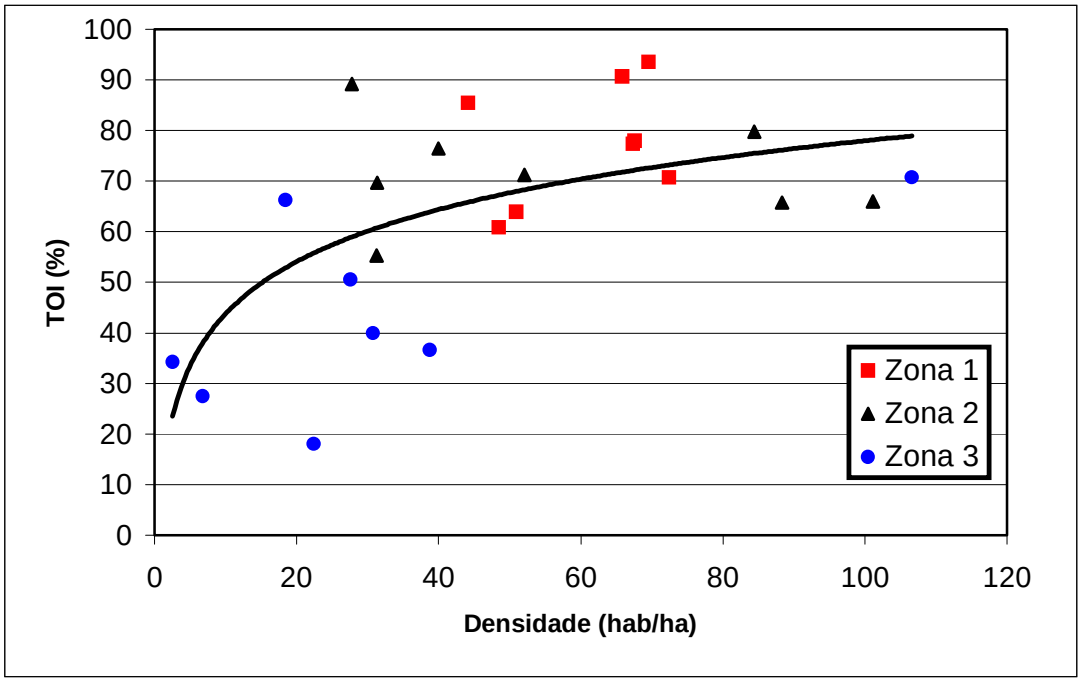

Figura 7: Linha de tendência entre área impermeável e densidade

A linha de tendência indica a possibilidade de estabilização da TOI enquanto cresce a densidade. Há contradições na afirmação de conformidade entre densidade e TOI, pois existem vários pontos com alta TOI e baixa densidade, mas todos os pontos com alta densidade têm TOIs relativamente altas.

A TOI foi cruzada com a densidade habitacional para as quadras coincidentes e seu resultado nos mostra um dado comparativo entre a impermeabilização do solo e demanda populacional.

Na figura 7, nota-se que a zona 1 é a mais impermeabilizada e ao mesmo tempo a que tem maior densidade. A zona 2 tem uma impermeabilização menor que a da zona 1, e uma densidade um pouco menor também. A zona 3 tem um perfil bem diferente das zonas anteriores com densidade e impermeabilização bem baixas.

O comportamento da TOI para as zonas da cidade é explicado pela ocupação e renda de cada região avaliada, agregado ao fato de não existir nenhum tipo de dispositivo legal do município que limite a impermeabilização total de cada lote, fator este a ser tratado em outra oportunidade.

Pode-se ver que a zona periférica mantém ainda grande área permeável, primeiro por existirem muitos terrenos baldios, segundo pela baixa renda de sua população que não tem dinheiro para cimentar suas áreas livres. A zona intermediária tem permeabilidade semelhante a da zona central, seus lotes têm, alta impermeabilização, mostrando que a TOI está intimamente ligada a densidade populacional, aliada à falta de uma legislação que normatize este índice e por que não dizer, a

projetos educacionais que enfoquem as vantagens ambientais que cada cidadão pode oferecer mantendo áreas permeáveis de seus lotes.

Espacialmente, a taxa de Impermeabilização se distribui conforme a figura 9.

A figura 8 mostra a linha de tendência entre área impermeável e densidade, encontrada a partir da presente pesquisa e a curva desenhada entre área impermeável e densidade populacional no estudo de TUCCI (1997). O estudo de TUCCI averiguou que a área impermeável cresce conforme o aumento da densidade populacional. Seu estudo foi feito por meio de fotos de satélites.

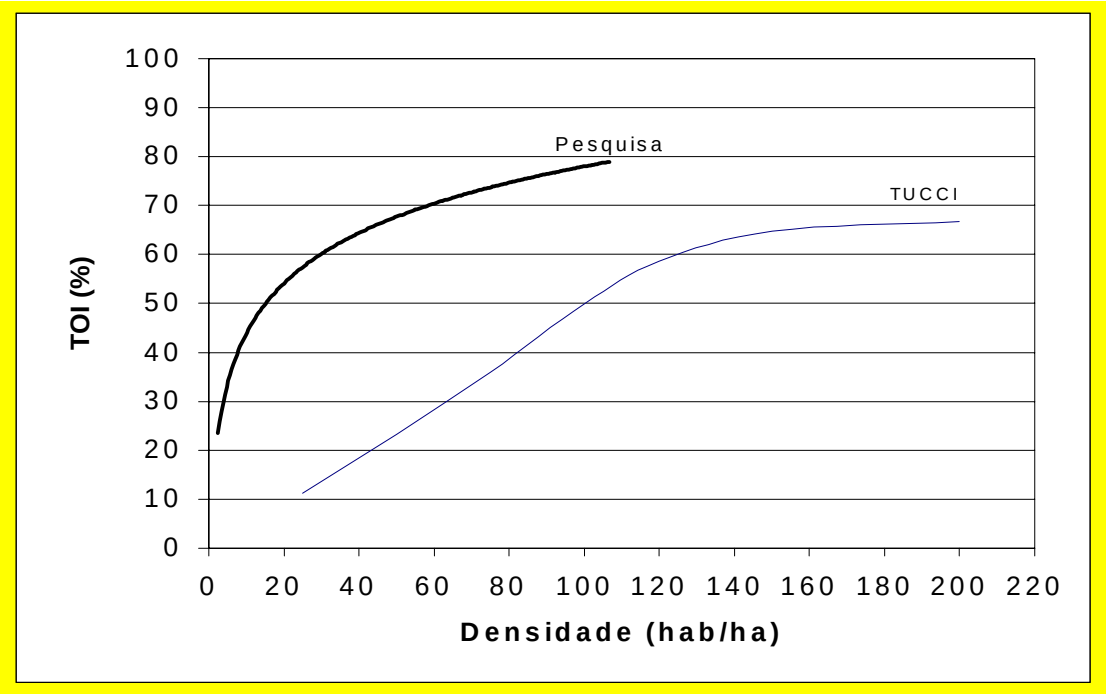

Figura 8: Relação entre as curvas do TUCCI e da pesquisa de Densidade Populacional e Área Impermeável

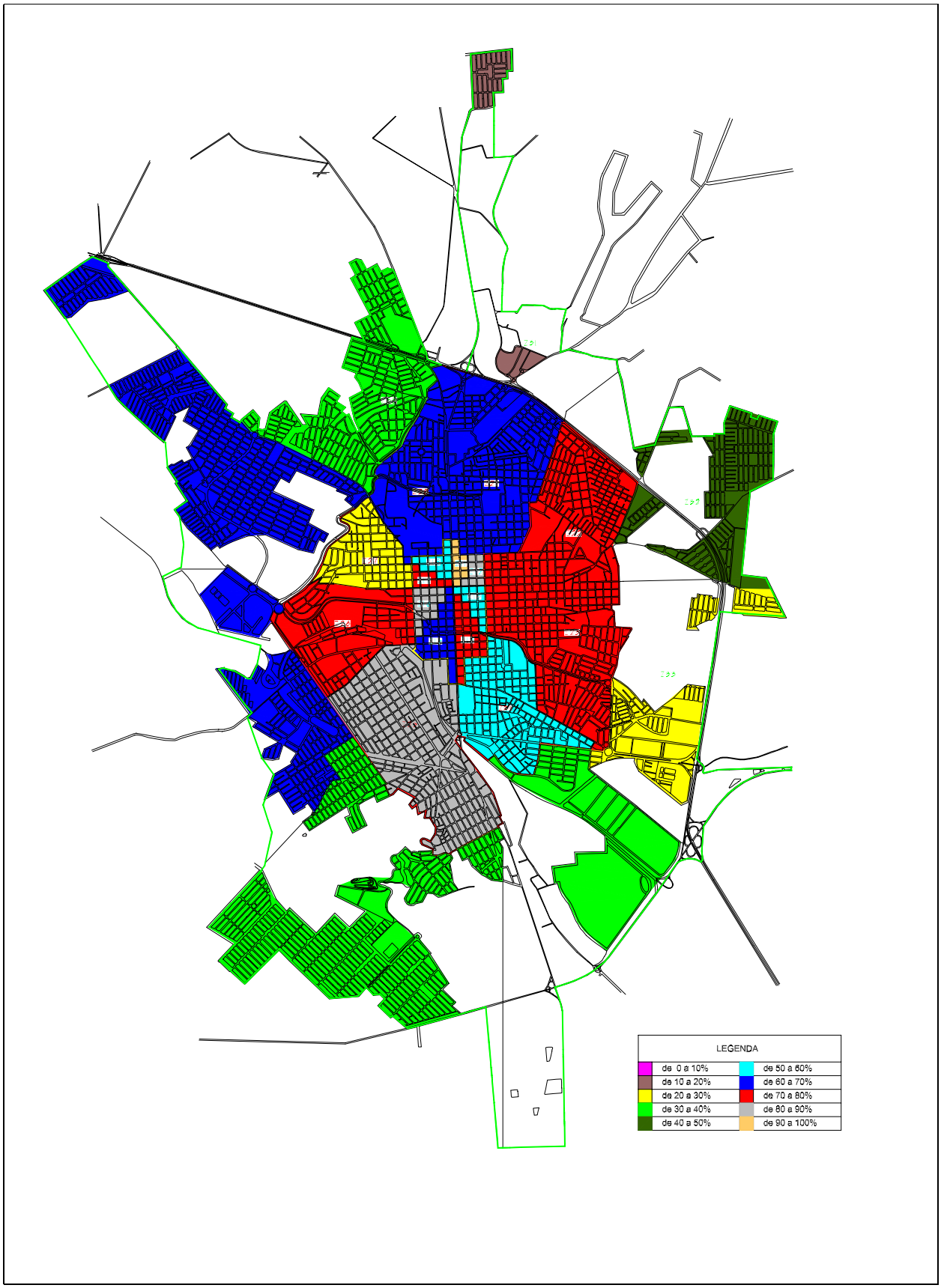

Figura 9: Distribuição espacial da TOI

A curva encontrada na presente pesquisa foi desenhada a partir de visitas de campo, com medições lote a lote de cada uma das 50 quadras determinadas na amostragem. Como aconteceu no estudo de TUCCI, a predominância das quadras avaliadas também foi residencial.

Uma explicação para as curvas diferentes encontradas no presente estudo e no estudo de TUCCI seria a forma da coleta, coleta de campo num estudo amostral para São Carlos e fotos de satélite para uma área de 2 km^2 para o segundo. Outra diferença foram as altas taxas de densidade populacionais detectadas por TUCCI de (25 a 200 hab/ha).

Taxa de Ocupação (TO) e Taxa de Ocupação e Impermeabilzação (TOI)

A figura 10 mostra a relação entre Taxa de Ocupação e Impermeabilização (TOI) e Taxa de Ocupação (TO). Pode-se ver que para a zona central as TOI e TO são elevadas e TOI variou mais que TO. Para a zona 2 a TOI é mais baixa que na zona 1, mas é na TO que essa diferença é bem maior. Para a zona periféricas TOI e TO são baixas e variaram bastante em relação as outras zonas

Esta figura 10 pode ser uma auxiliadora do planejador, que poderá ter uma idéia de quantificação da impermeabilização com o conhecimento da TO, extraída de dados das Prefeituras. Ressalta-se que a pesquisa se refere à cidade de São Carlos, por isso as generalizações devem ficar restritas a cidades de porte semelhante.

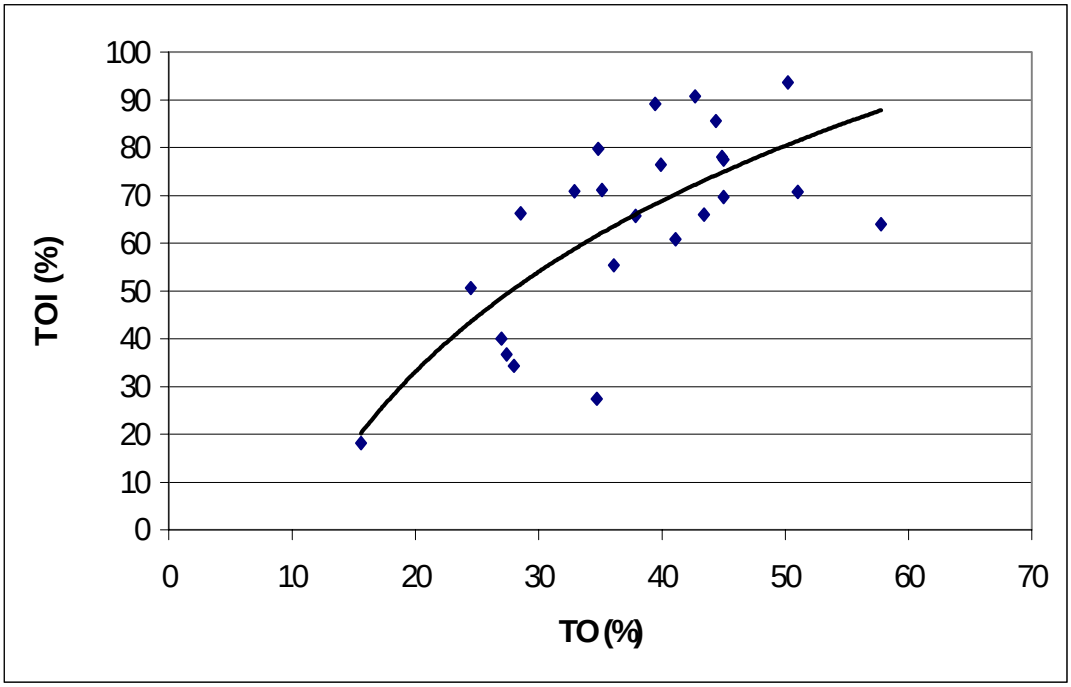

Figura 10: Relação entre Taxa de Ocupação e Impermeabilização e Taxa de Ocupação

Se compararmos as médias de TO e TOI por zona, tabela 2, pode-se ver o quanto a TO foi acrescida para atingir TOI. Vê-se que a Zona 2 teve o maior crescimento 83,93% seguida pelas zonas 1 e 3 sucessivamente.

Tabela 2: Comparação de TO e TOI

Zonas	**TOI (%)**	**TO (%)**	**Crescimento de TO para atingir TOI (%)**
Z1	77.61	47.11	64.74
Z2	71.66	38.96	83.93
Z3	43.01	27.32	57.43

Relação entre Taxa de Ocupação e Coeficiente de Aproveitamento

A comparação entre Taxa de Ocupação (TO), obtido de aerolevantamentos, e Coeficiente de Aproveitamento (CA), obtido da PMSC , permitiu duas análises diretas, a primeira foi verificar o erro incorporado aos dados cadastrais da prefeitura e a segunda foi entender a distribuição da verticalização na cidade.

A diferença entre CA e TO, para a zona 1 essa diferença é grande, de 39,13% , o que pode indicar maior verticalização desta área, pois é a zona central onde as construções são mais antigas e onde há maior número de edifícios em altura. A zona 2 mostra uma proximidade muito grande entre TO e CA, 2,91%, o que indica pouca verticalização. Os loteamentos implantados são da década de 60, o que provavelmente resulta em certa atualização dos dados cadastrais. A zona 3 aponta uma discrepância, já que a TO é maior que a CA em -4.18 %. Isto significa uma possível desatualização de dados da prefeitura, já que a zona periférica é mais nova que as demais e contém muitos loteamentos irregulares. A verticalização nesta área é baixíssima.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve o intuito de levantar parâmetros urbanísticos históricos e atuais para auxiliar a elaboração do planejamento do sistema de drenagem e urbanístico, nos estudos hidrológicos, na avaliação da legislação de uso e ocupação do solo e na conscientização e educação da população sobre sua atuação na transformação do meio urbano.

A trabalho experimental baseou-se em diferentes tipos de dados: levantamento a partir da digitalização de dados históricos, dados da prefeitura, visitas de campo, dados populacionais e, proporcionando várias possibilidades de cruzamento entre eles, já que foram compatibilizados. Definiu-se estatísticamente o procedimento amostral.

A opção pelo estudo estatístico foi adequada para o trabalho. Depois de terminadas as análises, pode-se ver que muitas das generalizações que foram feitas estão em concordância com a realidade. Os bancos de dados produzidos permitiram o cruzamento das diferentes fontes utilizadas, obedecendo às técnicas estatísticas de amostragem e tornando as análises mais abrangentes e fundamentadas.

Através do sorteio aleatório foi possível analisar toda a cidade coletando dados de apenas parte dela. As amostras foram distribuídas cuidadosamente pelas 24 subzonas da cidade, segundo a metodologia detalhada no trabalho. Foram amostradas 208 quadras para vetorização e levantamento de dados populacionais para os anos de 1998, 1988, 1978 e 1970, levantadas 146 quadras nos cadastros da Prefeitura Municipal e 50 quadras para as visitas de campo, as duas últimas 1998.

A quantificação das áreas permeáveis e impermeáveis é fruto das visitas de campo. Esta medição nos permitiu entender e relacionar a permeabilidade do solo nas áreas privadas da cidade. Registrando em média de área permeável 22,39% para a área central, 28,34% para a área intermediária e 56,99% para a zona periférica.

As áreas permeáveis aumentam conforme a direção centro-periferia, constatando um comportamento inverso ao da taxa de ocupação. Isto se explica pela crescente substituição de uso do solo que acarreta, na maioria das vezes, o aumento da impermeabilização; facilidade na manutenção das áreas livres do lote, “cimentando” as frentes e os quintais; aumento da ocupação dentro dos lotes, “construção de puxados”, etc..

O cruzamento dos dados entre as diferentes fontes permitiu avaliar outros parâmetros urbanísticos. Isto aconteceu, por exemplo, ao comparar o coeficiente de aproveitamento com a taxa de ocupação (dados da digitalização / dados da prefeitura), densidade populacional (dados da prefeitura / dados do IBGE), taxa de permeabilidade (dados digitalizados / dados da visita de campo).

A TOI (taxa de Ocupação e impermeabilização) é área edificada projetada somada à área impermeável da área livre dividida pela área do terreno. Este índice foi cruzado com a densidade permitindo avaliar a dependência dos parâmetros e qualidade de vida.

Na zona 1 ou central a TO é acrescida de 64,74% para atingir TOI, para a zona 2 é 83,93% e para a zona periférica ou 3, é 3%. Esta diferença mostra que a zona 2 foi mais impermeabilizada que as zonas 1 e 3.

A comparação entre Taxa de Ocupação (TO) e Coeficiente de Aproveitamento (CA) permitiu duas análises diretas: a primeira verificar o erro incorporado aos dados cadastrais da Prefeitura e a segunda foi entender a distribuição da verticalização na cidade.

Na zona 1 a diferença entre CA e TO foi de 39,13%, o que indica verticalização. Na zona 2 a diferença foi de 2,91%, o que mostra pouca verticalização. Na zona 3 a diferença encontrada foi de –4,18%, o que pode significar desatualização dos dados da prefeitura, já que esta zona tem muitos loteamentos novos e irregulares.

O procedimento estatístico de amostragem mostrou-se eficaz na retratação do desenvolvimento urbano e sua valoração através dos diversos parâmetros. As quantificações das áreas livres dos lotes mostraram a impermeabilização acrescentada pela 'cimentação' dos quintais e jardins são importantes. A relação entre a taxa de ocupação e impermeabilização e densidade habitacional mostra linha de tendência bastante diferenciada, conforme figura 8. Esta relação pode ser usada para projetar situações futuras e em cidades médias com características semelhantes. Da mesma forma, a relação entre taxa de ocupação e taxa de ocupação e impermeabilização poderá orientar na estimativa da real impermeabilização de cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Carlos Roberto Monteiro de **- De Viena a Santos: Camillo Sitte e Saturnino de Brito *In*:_____A Construção das Cidades Segundo Seus Princípios Artísticos de Camillo Sitte** / Organizado por Carlos Roberto Monteiro de Andrade, Editora Ática S. A., São Paulo, 1992.

BENZE E TOMAZELLA do LEA - **Assessorias para o Planejamento Amostral** - Laboratório de Estatística Aplicada do Departamento de Estatística da UFSCar (1999).

FERRARI, Célson - **Curso de planejamento municipal integrado: URBANISMO** / 6º edição, São Paulo: Pioneira, 1988, 631p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. http://www.ibge.ogv.br/

LAMAS, José Manuel Ressano Garcia. **Morfologia urbana e Desenho da Cidade.** FCG

TUCCI, Carlos E. M. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 2 n.2 Jul/Dez 1997. 5-12p.