

Posicionamento Preciso de Edificações Prediais: Contribuição para a Racionalização Construtiva e Atualização de Plantas Cadastrais

Prof. MSc. Fernando José de Lima Botelho ¹

Profa. Dra. Verônica Maria Costa Romão ²

Prof. Dr. Tarcísio Ferreira da Silva ³

Profa. Dra. Andrea de Seixas ⁴

¹ UFRPE - Depto. de Tecnologia Rural

¹ UNICAP - Depto. de Engenharia

50000-000 Recife PE

fbotelho@unicap.br

² UFPE - Depto. de Engenharia Cartográfica

50000-000 Recife PE

vcosta@ufpe.br

³ UFPE - Depto. de Engenharia Cartográfica

50000-000 Recife PE

tarcisiofs@yahoo.de

⁴ UFRPE - Depto. de Tecnologia Rural

50000-000 Recife PE

aseixas@gmx.net

Resumo: O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta metodológica que permite o uso de técnicas geodésicas e topográficas para emprega-las nas obras urbanas de pequeno e médio portes de construção de edifícios; contribuindo para a melhoria de qualidade em seus processos de racionalização construtiva, para o controle dimensional nas obras de engenharia, além de seu emprego para a atualização das plantas topográficas cadastrais.

Palavras chaves: Racionalização Construtiva, Controle Geométrico, Atualização de Plantas Topográficas cadastrais.

Abstract: The main objective of this work is to develop a methodology that allows the use of geodetic and topographical techniques for using in urban works of small and medium building constructions. The use of these techniques contributes to the improvement in the processes of constructive rationalization, for dimensional controlling of engineering work, and for updating of the cadastral topographical maps.

Keywords: Constructive Rationalization, Dimensional Control of the Work, Cadastral Topographical Plants.

1 Introdução

As grandes obras de engenharia civil são realizadas, quase sempre, com o controle dimensional permanente, como acontece, por exemplo, nas adutoras, rodovias, ferrovias, obras metroviárias entre outras. O ramo da ciência requerido para este controle dimensional é, em sentido abrangente a Geodésia. Ou seja, as técnicas geodésicas de medição vêm sendo aplicadas em diversos campos da engenharia de construções pesadas, para a melhoria deste importante controle de qualidade tecnológica. Os profissionais

atuantes na arquitetura e engenharia de edificações prediais necessitam, assim como os engenheiros cartógrafos, receber as competências e conteúdos de mensuração geodésica, para melhor entender a sua aplicação na melhoria do controle dimensional de edificações, com vistas à racionalização construtiva em busca da qualidade.

Nas décadas de 1970/80 permitia-se no Brasil, ao engenheiro civil, uma maior tolerância nos erros na geometria da edificação, ou seja, “tirar as diferenças na massa”, i.e, era quase inexistente o controle dimensional das edificações. Os procedimentos para a racionalização construtiva constituem hoje excelente caminho em busca da qualidade tecnológica do produto, em edificações prediais.

Na presente metodologia considera-se que a necessidade do controle dimensional em edificações extrapola as etapas de execução da estrutura do edifício, com suas diretrizes incorporadas desde o projeto até o final da obra, devendo, portanto, iniciar-se no levantamento do terreno, com seu posicionamento geodésico e amarração às redes de referência oficiais, como subsídio do sistema de referência de medições atuante em toda a fase de elaboração e compatibilização de projetos (arquitetônico, estrutural, etc), e finalmente nas fases de locação do edifício e de suas partes ou etapas. Ao término das obras, deve ser elaborado o projeto “*as built*” ou “projeto como construído”. A utilização dos métodos geodésicos para a racionalização construtiva contribui também para a atualização das plantas cadastrais (cadastro fiscal e técnico), as quais devem ser georreferenciada pelas respectivas prefeituras, à Rede de Referência Cadastral Municipal, em atendimento à norma NBR14. 166 (ABNT 1998).

Desde a última década, os setores produtivos da construção civil têm se envolvido na qualidade de processos e produtos. Nesta direção da qualidade, este segmento da construção civil busca a certificação pelas normas da série ISO9000. Outra alternativa que tem sido utilizada nas empresas consiste na implantação de programas de racionalização construtiva que aplica a tática de racionalização parcial, a qual é realizada “por etapas” no processo construtivo. O Controle Geométrico de Edificações (CGE) constitui uma dessas táticas, e os recentes trabalhos técnicos e científicos publicados comprovam este fato. Por outro lado, a implantação de programas de gestão de qualidade total, com a posterior certificação de controle fundamentadas nas normas ISO 9001/2000, exige novas metodologias de trabalho que permitem a garantia da qualidade tecnológica. O emprego das modernas técnicas geodésicas contribui para realização no CGE nas diversas fases do processo produtivo.

Outra exigência que deve ser considerado na construção civil e que faz parte da presente proposta metodológica é o atendimento às normas técnicas brasileiras NBR 13133 (ABNT-1994), NBR 14645 (ABNT-2001) e a NBR14166 (ABNT-1998), tendo em vista que a Metrologia Dimensional, em obras de engenharia civil, assume de fato a sua importância no Brasil.

O objetivo principal deste trabalho é, portanto apresentar uma metodologia, desenvolvida em BOTELHO (2003), que permite o posicionamento preciso em edificações prediais, através de métodos geodésicos, como um procedimento viável para a racionalização construtiva na busca da qualidade no sentido geométrico e/ou tecnológico. Para possibilitar o conhecimento do estado atual dos trabalhos de CGE usados na construção de edifícios, foi realizada uma pesquisa de campo na área de abrangência do estudo na RMR (Região Metropolitana do Recife) Botelho (2003).

Neste trabalho são apresentados no item 2 diversos conceitos e métodos relativos ao tema, tais como conceito ligado à qualidade do produto de construção civil, CGE e, à racionalização construtiva. Em seguida, apresentam-se, resumidamente, considerações sobre a sua necessidade, assim como nos itens 3 a 5 a proposição desta metodologia e resultados de um experimento de campo necessário para sua validação. O método desenvolvido para posicionamento preciso de edificações buscou o ordenamento cartesiano, com rigor geodésico, nos trabalhos de posicionamento preciso de edificações prediais.

2 Conceito de Racionalização Construtiva e Controle Geométrico de Edificações

De uma forma geral para os setores produtivos, qualidade do produto vem a ser o atendimento às necessidades do cliente e a ausência de deficiências no produto; porém, dentro de um processo construtivo, como a produção das edificações, este atendimento configura-se nos resultados obtidos para características da resistência e características geométricas relevantes do produto (Obata 2001).

Para o estudo desta qualidade dos produtos em edificações prediais, no decorrer deste trabalho será considerado o sentido tecnológico desta qualidade, sendo o enfoque da qualidade do produto, portanto, relacionada às características geométricas ou ainda ao atendimento às dimensões e tolerâncias previstas em normalização técnica.

2.1 Racionalização Construtiva

A aplicação pura e simples de “preceitos” na busca desta qualidade tem tido pouco efeito na construção de edificações prediais, a não ser o de propiciar uma sensação estéril de estar “na moda” com a “onda da qualidade”. A atividade da construção civil tem peculiaridades que obrigam uma tradução cuidada, das estratégias e políticas pela qualidade para as condições concretas do setor (Botelho 2003). Estratégias criadas para setores de produção nitidamente industrial, como o metalúrgico ou o eletroeletrônico, não podem ser diretamente aplicadas a uma atividade que possui forte componente de trabalho artesanal, como é o caso específico do setor da construção civil.

Os profissionais do setor de edificações ainda necessitam entender que o caminho mais imediato, na busca da qualidade, na construção civil consiste, portanto, em uma aplicação da racionalização construtiva, pois neste processo se escolhe uma etapa ou sistema do edifício para implantação de uma metodologia, situação denominada de tática de racionalização parcial ou em etapas (Sabbatini 1989). Esta técnica, além de expor a necessidade de melhoria da cadeia produtiva, não provoca ruptura brusca no processo construtivo adotado. No decorrer deste trabalho deve-se entender a definição deste autor como, sendo:

“Racionalização Construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros, disponíveis na construção em todas as suas fases”.

Dessa forma, a Racionalização Construtiva (RC) tornou-se uma alternativa mais próxima à realidade da indústria da Construção Civil, sobretudo quando esta busca a certificação em programas de qualidade, tais como o PBQP-H e a série ISO 9000 (ver item 2.2.2). Segundo Barros (2001) apud Melhado (1994), o “conceito de racionalização construtiva apresenta-se como instrumento de redução de custos e de aumento de produtividade, bastante poderoso para permitir a transição do estágio atual para uma nova configuração mais eficiente da atividade de construir, dentro de ambientes empresariais modernos e competitivos; sendo uma das suas características mais importantes o estudo e a adoção de soluções racionalizadas ainda na etapa do projeto”.

Conclui-se, portanto, que a Racionalização Construtiva é necessária para o desenvolvimento tecnológico na indústria da Construção Civil, em particular no sub-setor da Construção de Edifícios, podendo promover níveis mais elevados de produtividade e qualidade. A sua aplicação tem apresentado significativas vantagens no desempenho, custo e qualidade das atividades na construção de edifícios.

2.2 Controle Geométrico de Edificações

A definição de Controle Geométrico (ou Dimensional) de Edificações embora simples, permite uma abrangência do significado do termo dentro da obra, que conduz a uma diversidade de entendimento. Barros (2001) afirma que o controle pode ser entendido como: *“ato ou poder de controlar, ou a fiscalização exercida sobre as atividades de pessoas, órgãos, departamentos ou sobre produtos, para que tais atividades ou produtos não desviem das normas preestabelecidas”.*

O termo geométrico, segundo o mesmo autor, é “relativo ou pertencente à geometria ou próprio dela”. Segundo Barros (2001) se estabelece o conceito de controle como “o conjunto de atividades técnicas e planejadas, através das quais, se pode alcançar uma meta e assegurar um nível predeterminado de qualidade, ou seja, controla-se uma qualidade”. No contexto da construção de edifícios, o controle geométrico está relacionado com a definição da geometria projetada em lajes, vigas ou pilares nas edificações prediais, e a execução dos elementos constituintes do edifício na geometria projetada e em uma etapa seguinte, medir os desvios entre a geometria projetada, de cada elemento e aquela realmente executada.

Nos casos da construção civil industrializada, o controle dimensional voltado para a racionalização construtiva se destaca, na medida em que a precisão dimensional é uma diretriz básica para o sucesso desta modalidade construtiva. A transformação do canteiro de obras em um espaço de montagem de peças produzidas externamente requer uma perfeita definição dos alinhamentos, planos e nivelamento do edifício, de modo a permitir o encaixe das peças e módulos dentro de tolerâncias convencionadas. Uma forte característica destas obras é o uso intenso das metodologias de posicionamento locação e conferência (Barros 2001).

Segundo Obata (2001) apud Helene (1980), comentando sobre as características geométricas relevantes em obras nas fases de projeto e execução “o grau de concordância das características e dados

finais obtidos com aqueles que foram anteriormente especificados, uma vez que o projeto estrutural não pode assegurar que durante a execução da estrutura serão empregados os materiais e métodos construtivos especificados”. Percebe-se assim claramente o importante papel do controle geométrico (p.ex das estruturas de concreto) em edificações na fase de execução, ou seja, estas devem ter garantias de uma vez executadas estarem em nível, prumo e alinhadas.

Face ao exposto, este trabalho ao propor inovações para o uso das técnicas geodésicas, no levantamento e posicionamento preciso de edificações, constitui-se de um procedimento muito importante, na “busca da qualidade” através da racionalização construtiva. Este procedimento tem uma forte importância, tendo em vista que atualmente as obras prediais, conferem pouca ou nenhuma importância ao rigor nas medidas de projeto na execução de fundações, estrutura, alvenaria, revestimento e pisos. Este tipo de problema, chega a implicar em um acréscimo de 6,5% no custo total da obra (Botelho 2003).

2.3 Situação Atual do Controle Geométrico de Edificações na RMR

Um dos pontos mais relevantes, constatado na pesquisa de campo realizada em Botelho (2003), diz respeito à pequena percepção, no meio técnico da engenharia de edificações, de que somente a observância de procedimentos topográficos e/ou geodésicos, possibilita um preciso posicionamento da obra para a racionalização construtiva. Na pesquisa de campo ainda se constata que existem desvios no nivelamento de lajes da ordem de 4,5cm, e no prumo de fachadas de 3cm a 14cm, que tem valores muito altos.

Evidencia-se assim que a obtenção de um melhor resultado na qualidade geométrica das obras é decorrente da aplicação destes importantes procedimentos para a racionalização construtiva.

Segundo BARROS (2001) o que se vê, nos dias atuais é uma convivência de praticas empíricas baseadas em instrumentos rudimentares (ver figura 1) e a subtilização de equipamentos modernos pelo desconhecimento de uso ou manuseio nos canteiros de obras na RMR. Falta assim, nestes canteiros, um conjunto ordenado de procedimentos que se traduza em efetivo processo de CGE, sendo decorrente o sucesso neste processo ou estratégia para a racionalização construtiva.



Figura 1 : Uso de equipamentos rudimentares em obra

3 Metodologia Proposta para a Racionalização Construtiva

3.1 A necessidade de uma metodologia para o CGE

A metodologia para o CGE proposta neste trabalho, é portanto, decorrente e realizada para suprir uma falta de entendimento destes procedimentos, dentro da obra, como um processo sistemático e estratégico para a qualidade, que abrange assim todas as atividades de medição implementadas. Estas atividades de medição devem ser integradas, e não realizadas de maneira estanque, ou seja, entre si independentes. Sobre este assunto afirma Barros (2001): “*a falta deste entendimento, se deve em parte, à distribuição temporal do controle dimensional ao longo do ciclo de edificação da obra e também a variedade de métodos, pessoal e instrumentos utilizados em cada etapa*”.

Assim este *entendimento* é fundamental, ou seja, apenas a realização dos trabalhos topográficos e geodésicos em fases progressivas integradas, desde o levantamento do terreno e locação da obra, com métodos geodésicos é que possibilita um correto posicionamento e ereção da edificação e suas partes. Evidencia-se assim que a obtenção de um melhor resultado na qualidade geométrica das obras é decorrente da aplicação destes importantes procedimentos para a racionalização construtiva.

Conforme proposto, o controle geométrico para racionalização construtiva, deve iniciar-se na fase do projeto, desde o levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral no terreno urbano e segue nos demais trabalhos de posicionamento da obra. O produto deste levantamento topográfico, sendo assim “base geométrica comum”, aos diversos projetos executivos relacionados à edificação possibilita em todas as demais etapas um adequado posicionamento das suas partes componentes.

3.2 Campos de Pontos utilizados para o CGE

O posicionamento preciso de edificações prediais exige a concepção de campos de pontos que materializem as estruturas goniométricas e de distâncias que podem ser uni, bi ou tridimensionais de natureza topográfica (para pequenas áreas) e geodésicas para áreas maiores. Deve-se entender o conceito de campo de pontos-empregado neste trabalho, como um espaço cartesiano, agregado aos aspectos físicos de sua materialização e aos aspectos estocásticos das realizações das variáveis aleatórias, envolvidas no processo de sua definição (Botelho 2003).

Na prática existe assim necessidade de uso de campos de pontos com característica local e que podem ser agrupados em dois tipos, a saber: o campo de pontos de referência e o campo de pontos-objeto.

➤ Campo de pontos de referência

O campo de pontos de referência detem uma configuração geométrica otimizada segundo os conceitos modernos da Teoria das Redes (Wolf et Ghilani 1997), encerra posições de baixa dispersão e podem ter natureza dimensional planimétrica, altimétrica ou tridimensional. É utilizado normalmente para “amarrar” os pontos de natureza não-referencial, como pontos objeto de levantamento e/ou locação. Um campo de pontos de referência, muitas vezes concatena-se com outro de ordem superior de modo que se pode qualificá-lo como primário, secundário, etc. A modelagem numérica de amarração de campo de pontos é modernamente tratada com técnicas de transformação de sistemas (Wolf et Ghilani 1997).

Para o caso do CGE, este campo de pontos de referência (fig 2) se encontra previsto na NBR14645-1:2001 item 5.3.1.1, onde se afirma que, em um levantamento, deverá haver “...vértices materializados em locais previamente selecionados...”. E que “... servirá de apoio à futura locação e controles de obras a serem edificadas”.



Figura 2 : Base de apoio no campo de referência primário

Nas normas citadas recomenda-se, para o caso planimétrico que no mínimo, dois vértices consecutivos sejam implantados fora do imóvel de interesse, em locais julgados seguros, e com isso fica evidenciada a necessidade de um campo de pontos de referência, no local da obra.

No caso do campo de referência para a altimetria 3(três) RNs, no mínimo, são recomendadas .A condição do mínimo de pontos colocada na norma NBR 14645:2001 deve ser majorada sempre que necessário para efeito de controle das possíveis transformações necessárias.

➤ Conceito de Campo de Pontos-objeto

O campo de pontos-objeto para efeito da presente metodologia será estruturado em: campo-objeto de “levantamento” e campo objeto de “locação”. Um campo de pontos-objeto de levantamento é, portanto, um conjunto de pontos que são levantados no terreno, e utilizados para a representação de todos os detalhes necessários especificamente a serem representados. Na fase de locação da obra, os pontos do campo-objeto de locação são posicionados com maior redundância e precisão que os pontos objeto de levantamento, diminuindo-se a dispersão.

3.3 Georreferenciamento dos Pontos Limite para uso na Atualização Cadastral

Neste trabalho, o campo de pontos-objeto de levantamento é constituído quase sempre pelos pontos que compreendem os vértices que definem os limites do terreno e demais pontos de posição da edificação, e que, uma vez georreferenciada, podem contribuir para o cadastro imobiliário. Para georreferenciamento ao SGB deve-se proceder a um posicionamento relativo estático (tecnologia GPS),

para o transporte das coordenadas aos marcos da base de apoio (figura 2), a partir de um ponto da rede geodésica (por ex. da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo RBMC). O cálculo e ajustamento pelo MMQ da figura fechada GPS, composta por estes três pontos rastreados (A,B e RBMC), permitem um melhor controle dos erros decorrentes deste tipo de posicionamento, pois considera que apenas dois destes vetores são independentes.

Nos dias atuais, esta vinculação dos levantamentos topográficos ao SGB é facilitada pelo posicionamento com GPS, em especial com a implantação das estações da RBMC.

A partir dos dois pontos da base, deve ser realizado o georreferenciamento dos demais pontos do campo primário de referência, secundário e objeto. Neste trabalho foram propostas as suas realizações de duas maneiras:

- a) Uso de transporte de coordenadas planas UTM, a partir dos pontos da base de apoio aos pontos do campo primário e/ou secundário. A partir das coordenadas planas UTM desses pontos, procedendo-se as irradiações polares aos demais vértices limites do terreno.
- b) O emprego da transformação de similaridade (única) entre as coordenadas planas UTM e planas topográficas dos pontos do campo de referência (base de apoio e os demais pontos primários e/ou secundários), e os pontos-objeto (limites do terreno).

O método empregado compreende a transformação conforme bidimensional, entre as coordenadas de dois pontos idênticos em dois sistemas. Para o presente trabalho foi desenvolvido pelo autor um programa, em planilha Excel, para as expressões matemáticas encontradas em Botelho (2003). E para comprovação do programa desenvolvido em planilha, foi também utilizado o programa ADJUST, programa didático livre desenvolvido por Wolf et Ghilani (1997).

3.4 As Etapas da Metodologia para a Racionalização Construtiva

A proposta de uma metodologia para o posicionamento preciso da obra, desenvolvida em Botelho (2003) nas fases de levantamento e locação, está exposta de forma seqüenciada a seguir:

- a) utilização de equipamentos geodésicos e topográficos calibrados, segundo as normas técnicas (NBR13133: 1994) e especificações de metrologia vigentes;
- b) estabelecimento de um campo de pontos de referência primário, com posterior georreferenciamento (ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB), utilizando o posicionamento GPS (figura fechada) em no mínimo dois pontos deste campo (base de apoio –figura 2);
- c) execução de levantamento planialtimétrico e cadastral do terreno e de detalhes existentes no imóvel, a partir de um campo de pontos de referência, utilizando um sistema de coordenadas topográficas locais;
- d) estabelecimento de um campo de pontos de referência secundário (se necessário) para os trabalhos de posicionamento da obra; e medição de pontos-objeto ou de posição (pontos-limites do terreno);
- e) realização dos cálculos das poligonais fechadas e apoiadas nos pontos da base de apoio (obtida por GPS), compatibilizando-se os sistemas de referência e projeção;
- f) uso das tolerâncias segundo as normas técnicas nacionais, e utilização de ajustamento das observações, conforme a NBR13133: 1994, com análise de propagação dos erros nos campos de pontos levantados;
- g) utilização do método de nivelamento geométrico, segundo o prescrito na NBR13133: 1994 durante a implantação do campo de pontos altimétrico;
- h) utilização de transformação de coordenadas (por similaridade) a partir da base de apoio, georreferenciada ao SGB, para converter as coordenadas topográficas locais em coordenadas UTM nestes campos de pontos, para uso nas plantas cadastrais;
- i) uso no método, para implantação dos dois pontos da base de uma figura fechada, sendo evitado o tradicional irradiação GPS a partir da base (p.ex RBMC).

O georreferenciamento ao SGB, com tecnologia GPS, deve atender ainda as especificações do Federal Geodetic Control Comitê (FGCC), que trata dos padrões de exatidão geométrica mínima, pois de acordo com Carvalho (2003), “as especificações brasileiras (IBGE) ainda são preliminares”.

Em resumo, podemos dizer que a metodologia proposta tem duas destinações, a primeira direcionada exclusivamente para os trabalhos de levantamento e locação na obra, adotando-se assim o sistema topográfico local; e a segunda, direcionada ao georreferenciamento (ao SGB) de pontos limites do terreno.

4. Experimentos Realizados para RC

Localizada no bairro do Pina, na Região Político-Administrativa 06 do Recife, área levantada é um terreno urbano que está na rua Barão de Santo Ângelo (figura 3). Esta rua é de uso predominantemente residencial, e constitui expansão imobiliária, em face de proximidade com a zona litorânea e o centro da cidade do Recife. Com aproximadamente 2000m², caracteriza-se como um terreno com boa representatividade no conjunto amostral das obras verticais existentes na RMR.

A área de trabalho apresenta-se hachurada (figura 3), e representada na planta topográfica cadastral do projeto UNIBASE na escala de 1:1000.

Neste experimento foram definidos campos de pontos de referência para planimetria e altimetria segundo o exposto em 3.2 e 3.3.

4.1 A Etapa de Planejamento do Experimento de Campo

O planejamento das atividades de campo, por tratar-se de um terreno resultante do remembramento de 5 (cinco) outros, e situados no meio de uma quadra urbana teve um reconhecimento pormenorizado da área de estudo, sendo verificadas a intervisibilidade, as quantidades de pontos necessárias às execuções do campo de pontos de referência primária e base de apoio para os trabalhos GPS.

O ambiente urbano, com a presença de árvores de porte na calçada da rua, trouxe dificuldades para localizar os pontos da base de apoio, de modo a evitar os problemas decorrentes de multicaminhamento nos sinais GPS.

Em se tratando de uma área plana de fácil acesso, foram implantados 3 pontos próximos ao meio fio, com vistas a uma posterior execução com os métodos de levantamento GPS e polar, do campo de pontos de referência primário. As condições de intervisibilidade foram garantidas pela ausência de obstáculos, sendo os pinos metálicos colocados na calçada e meio fio em paralelepípedo, e situados na rua em frente da obra. Os pontos denominados de P1, N e P2 estão apresentados na tabela 2 e foram materializadas através de chapas metálicas, também adotadas como RNs, para uso no campo altimétrico segundo 3.2.

4.2 Levantamento da Base de Apoio, Sistema de Referência e Campo-objeto

Em atendimento as normas técnicas vigentes e antes do início dos trabalhos de levantamento, assim como em qualquer etapa de execução do posicionamento, foram verificados os marcos referenciais de levantamento e posicionamento da obra. Esta verificação atende a recomendação da NBR14645: 2001, parte1, e também permite se certificar das condições satisfatórias destes marcos. Da mesma forma foi verificada a estabilidade das Referências de Nível para o campo altimétrico, que neste caso localiza-se fora da obra, e também coincidentes com os marcos do campo de referência planimétrico.

➤ A Base de Apoio GPS

Para o rastreamento com GPS dos pontos da base de apoio (estações P1 e N) foram utilizados dois receptores da marca RASCAL 8 (Allen Osborne Associates), duas frequências L1 e L2 e código CA, de propriedade

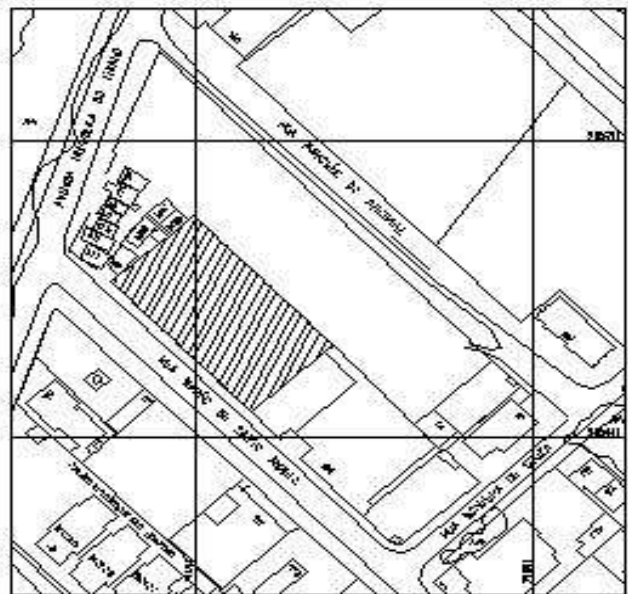


Figura 3 : Localização da Área de Estudo. Fonte: Projeto UNIBASE-FIDEM

do Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE, operando simultaneamente em posicionamento relativo, no método estático e durante cerca de 30 min.

Em se tratando de modo estático, um dos receptores foi localizado na estação P1 e o outro em N, que define o alinhamento base de apoio e tiveram as coordenadas geodésicas determinadas. A taxa de rastreamento foi de 5s e o ângulo de corte de 15°. Para a realização das observações GPS foram tomados cuidados com a colocação de antenas, sempre com orientação do Norte Geográfico, visando assim minimizar o erro do deslocamento do centro de fase. Além disso, as alturas das antenas foram medidas com precisão e o número de satélites registrados sempre foi superior a 6.

Os trabalhos de rastreamento fizeram parte de resultados de uma campanha GPS, realizada pelo DECart, que na região é o responsável pelo gerenciamento da estação RECF-RBMC, do IBGE. E assim, tornando possível o rastreamento simultâneo e necessário, a uma taxa não usual de 5s, com esta rede de monitoramento. A taxa de rastreamento com 5s adotada nestes trabalhos, associada à utilização de equipamento de duas frequências, embora pouco usual e desnecessária, em trabalhos de linhas bases ou vetores curtos, possibilitou neste experimento uma melhor confiabilidade aos dados levantados.

➤ **Levantamento da Poligonal de Campo de Referência Primário e Campo-objeto**

No levantamento polar, do campo de pontos de referência primário e para as medições das poligonais (traverse) e irradiações de pontos limites, foram utilizadas uma estação total TCR307, da Leica Systems, com precisão e desvio padrão angular de 7 e linear de (3mm+2ppm*D) e um conjunto de mini-prismas refletores com o bastão dotado de nível de bolha. Em atendimento a NBR13133:1994, as poligonais desenvolvidas foram do tipo 1. E o levantamento enquadrado na classe I PAC ou III PA indicando para poligonal planimétrica a classe III P.

As leituras angulares das estações da poligonal foram realizadas em três séries, de visada direta e inversa, e as medidas lineares dos alinhamentos feitas segundo visadas à ré e a vante. Os pontos das divisas de lote foram levantados por irradiação com uma visada direta.

4.3 Processamento dos Dados

➤ **Processamento dos Dados GPS da Base de Apoio**

Os dados obtidos através do levantamento GPS foram processados nos softwares comerciais Grafnav e Grafnet, da WAYPOINT e no GPSurvey, onde foram calculados três pontos, através de processamento das três linhas de bases observadas conforme descrito em 3.4.

➤ **Cálculo do Sistema de Referência Primário**

Com os valores das coordenadas, nas duas estações rastreadas (P1, N), expressas em coordenadas topográficas locais, a poligonal constituída por estes dois pontos e o ponto P2, pode ser calculada e ajustada, fazendo uso dos programas Posição e Topograph, e do programa desenvolvido pela UFV para ajustamento de poligonais. Os resultados estão mostrados no item 4.4.

No método de posicionamento polar, utilizando-se a estação total Leica TCR307 executou-se este levantamento, sendo na poligonal observados a determinação dos ângulos horizontais e distâncias inclinadas. Conforme estabelece a NBR13133: 1994, para levantamento enquadrado nesta classe III PA ou IPAC, os cálculos destas poligonais fechadas devem ter as coordenadas ajustadas, e encontrarem-se com os resultados do processamento de acordo com esta norma.

➤ **Processamento do Campo Altimétrico**

Conforme a NBR14645: 2001, neste campo altimétrico, devem ser implantados pelo menos três RN's para a execução do trabalho, transportado para dentro do terreno da obra, e fazendo uso de níveis de precisão compatível com as tolerâncias fixadas naquela norma específica para elaboração do "como construído". Neste trabalho, ao se considerar que o levantamento planialtimétrico realizado é da classe IPAC ou IIPAC, a tolerância obtida no nivelamento corresponde, portanto à classe II N.

O uso de níveis eletrônicos digitais (figura 4) no nivelamento geométrico, os quais permitem armazenamento e processamento de dados no próprio equipamento, permitiu um enorme diferencial em prazo e qualidade na definição do campo altimétrico. E de modo análogo ao campo de pontos planimétrico,

foram procedidos os trabalhos de compensações e ajustamento das cotas dos pontos destes campos (Botelho 2003).

De acordo ainda com a norma NBR 14645:2001, as operações realizadas devem usar o nivelamento e contranivelamento geométrico e estas operações devem, preferencialmente, ter origem em RN de altitude oficial. A referência arbitrária (meio fio), podendo ser adotada apenas no caso de inexistência deste sistema de referência, sendo, no entanto implantados três RNs em locais julgados seguros, podendo haver coincidência com o campo planimétrico. O procedimento adotado nesta proposta metodológica assume assim enorme importância, ao transformar as normas usuais para referências altimétrica adotadas pelas prefeituras em normas da ABNT com procedimentos geodésicos.

➤ **Processamento das coordenadas dos Pontos do Campo-objeto de Levantamento**

Os pontos levantados para definição dos limites do terreno, e pertencentes ao campo de pontos-objeto, tiveram suas coordenadas no sistema de projeção UTM, sendo utilizadas a transformação de coordenadas pelo método de similaridade conforme de Helmert. Para estes cálculos utilizou-se a planilha Excel e também o programa ADJUST, descrito no item 3.3, e os resultados deste processamento encontram-se na tabela 3. Considerando que foram utilizados dois pontos para a base de apoio, esta transformação foi considerada como transformação de similaridade em solução única.



Figura 4 : Campo de Referência Altimétrico

4.4 Resultados

➤ **Coordenadas Obtidas na Base de Apoio GPS**

As coordenadas da base de apoio foram obtidas por GPS referenciadas no sistema WGS-84 e depois transformadas em UTM SAD-69. O resultado do processamento das linhas de base, feito como irradiação a partir da RBMC e da rede “facão” ajustada, apresentou discrepâncias de cerca de 13cm em norte e 3,5 cm em este conforme se observa na tabela1. Em face destes resultados, como mencionado anteriormente para linhas de base até 10Km, usando apenas equipamentos com a frequência L1, decorre a recomendação que não se aceite irradiação GPS da RBMC, para um único ponto. Recomenda-se, portanto, que o controle seja realizado através da base de apoio ou “facão”, sendo obtidos assim dois pontos rastreados.

Tabela 1 – Coordenadas UTM Irradiadas e Ajustadas da Base de Apoio

ID	NORTH	EAST	HEIGHT
P1	9105617.851	291684.282	25.293
REFC	9109597.747	284965.492	48.741
ID	NORTH	EAST	HEIGHT
P1	9105617.981	291684.317	25.623
N	9105633.142	291669.629	25.256
REFC	9109597.747	284965.492	48.741

Vale acrescentar, no entanto que as linhas de base a partir de RECF-RBMC tiveram os cálculos de propagação de erro e coordenadas ajustadas, no Trimnet do GPSurvey, com resultados melhores que 5cm, resultado que enquadra este trabalho segundo o FGCC em C1 (Botelho 2003).

➤ **Cálculo e Ajustamento no Campo de Referência Primário**

As poligonais implantadas para definição do sistema primário de referência foram calculadas, fazendo

uso de programas comerciais (Posição e Topograph), existentes no país. Os resultados obtidos obedecem ao prescrito na NBR13133: 1994, no que diz respeito ao ajustamento dessas poligonais, podendo se observar nos manuais técnicos, que os programas comerciais apresentam os cálculos previstos nesta norma, comentados no item 3. Em que pese às coordenadas corrigidas e/ou ajustadas, bem como os demais resultados envolvidos estarem bastante coerentes entre si, optou-se ainda neste trabalho pelo uso do Programa de Ajustamento de Redes Planas desenvolvido pela equipe do Prof. Antônio Simões Silva da UFV e cujo resultado consta na tabela 2.

Tabela 2 – Coordenadas Ajustadas no programa MMQ-UFV

Estação	Coordenadas Ajustadas (m)		Acurácia (mm)	
	Norte	Este	Norte	Este
P1	500,000	500,00	0,0	0,0
P2	527,702	509,602	3,5	2,8
N	521,056	500,000	2,9	1,5

Os resultados, oriundos do relatório deste programa, apresentaram precisão média das coordenadas obtidas melhores que 5,0 mm, para pontos da poligonal do campo primário. Este valor é muito satisfatório, para os trabalhos de levantamentos para o posicionamento preciso da obra, visto interessar nestes levantamentos apenas a precisão interna da rede ou poligonal implantada. Por outro lado, estes valores de acurácias (ver tabela 2) foram tornados possíveis, apenas em face de utilização de equipamentos de precisão adequados, e com procedimentos de medições angulares e lineares segundo a NBR13133/1994.

Outro cuidado adotado consistiu de verificar a correta integração de dados de poligonais e GPS, conforme citado no item anterior. Caso fosse adotada a medida plana UTM da base de apoio GPS, teríamos maiores discrepâncias, entre as medidas desta base de apoio e aquelas obtidas através do posicionamento polar com uso de MED, que certamente diminuiria a precisão das coordenadas desta poligonal. Se considerarmos, conforme mostrado para o experimento PINA, que a propagação de erro em irradiação polar com MED atinge valores máximos da ordem de 5mm (visadas curtas) este valor representa valor de precisão interna adequado para os trabalhos de locação destes tipos de obra.

➤ Resultados no Campo de Pontos Objeto de Levantamento ou Limites do Terreno

O uso do programa ADJUST (ver item 3.3), e do programa EXCEL desenvolvido pelo autor, a partir de uma transformação de similaridade de Helmert permitiu obtenção de coordenadas para os pontos limites do terreno, devidamente georreferenciados. Conforme se observa nos resultados mostrados na tabela 3.

A tabela 3 apresenta as discrepâncias entre as coordenadas planas UTM para os pontos limites do terreno, obtidas após a aplicação da transformação de similaridade nos sistemas de coordenadas topográficas locais e planas UTM, e aquelas obtidas para estes pontos a partir da planta topográfica cadastral. As discrepâncias obtidas apresentam valores médios cuja resultante é de 4,562m.

Tabela 3 – Discrepâncias entre as coordenadas de campo e extraídas da planta cadastral

Pontos Limite	Coord E (m)	Coord N (m)	Coord E (m)	Coord N (m)	Discrepância (m)	
					E	N
C1	291716,610	9105608,380	291713,770	9105605,022	2,840	3,358
C2	291740,770	9105630,920	291737,831	9105627,695	2,939	3,225
C3	291699,410	9105674,860	291696,386	9105671,228	3,024	3,632
C4	291675,320	9105652,150	291672,341	9105648,431	2,979	3,719

5 Conclusões

De uma forma sintética, as contribuições resultantes deste trabalho de pesquisa foram afirmar que:

- a) o ajustamento das poligonais, que definem o campo de pontos primário de referência, permite o alcance de uma precisão interna nas suas coordenadas melhor que *5mm*, que é um valor de incerteza posicional adequado aos trabalhos em obras de pequeno e médio portes;
- b) a substituição de métodos rudimentares e tolerâncias das medições, usualmente adotadas, por procedimentos geodésicos de na mensuração, proporciona maior rigor geométrico compatível com as exigências da norma 14645:2001 para “*As built*”;
- c) as discrepâncias encontradas nas coordenadas obtidas do processamento das linhas de base GPS (com distâncias de até 10km), conectadas a uma estação de referência, como a RECF -RBMC, formando figura fechada (previsto em 3.4 i), e por irradiação simples, foram da ordem de 1 dm, não atendendo, portanto, as exigências para o posicionamento dos pontos-limite do terreno da obra. Isto enfatiza a necessidade do uso deste controle geométrico, com figura fechada, sem o irradiação simples;
- d) o uso da transformação de similaridade de Helmert, a partir da base de apoio georreferenciada, permitiu discrepância da ordem de 4,5m para as coordenadas dos pontos limites do terreno, quando comparadas às coordenadas desses pontos obtidas a partir das plantas topográficas existentes da RMR conforme discutidas em Carvalho (2003).

di)

A futura construção civil industrializada exige aplicação de métodos geodésicos e topográficos, nos trabalhos de racionalização construtiva, ainda muito incipientes no País.

5.1 Recomendações

As conclusões apresentadas, a partir dos experimentos realizados, permitem que se recomende:

- a) o desenvolvimento de estudos, com aplicação destes métodos geodésicos em todas as demais etapas de execução da obra, que resultem em indicadores objetivos da redução de desperdício na obra;
- b) às prefeituras da RMR, o uso dos procedimentos descritos pela ABNT na NBR 14166:1998, com implantação de redes de referências municipais através de profissionais habilitados em geomensuração, contribuindo para a existência de um sistema único de coordenadas de referência, para o controle no cadastro imobiliário, cadastro das áreas comprometidas com interferências (CACI), controle no desenvolvimento de obras municipais, bem como a atualização das plantas cadastrais.

6 Referências Bibliográficas

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 13133: execução de levantamento topográfico.* Rio de Janeiro, 1994. 35p.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 14166: rede de referência cadastral: procedimento.* Rio de Janeiro, 1998. 35p.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 14645: elaboração do “como construído” (as built) para edificações. Parte 1: Levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área até 25000m², para fins de estudos, projetos e edificação: procedimento.* Rio de Janeiro, 2000. 9p.

Barros, E. O. *Controle geométrico da estrutura de concreto de edifícios como ferramenta da racionalização construtiva.* 136p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da USP, São Paulo. 2001.

Botelho, F.J.L. *Métodos geodésicos para a racionalização construtiva no posicionamento preciso de edificações prediais.* 100p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2003.

Carvalho, P. R. C. *Estudo das distorções no sistema geodésico de referência da Região Metropolitana do Recife.* 92p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2003.

Câmara Brasileira Da Indústria Da Construção. *Importância do setor de construção civil na economia brasileira.* Belo Horizonte, 2002. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br>> Acesso em: 15 de out. 2002.

Franco, L. S. *Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.* 1992. Tese (Doutorado)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1992.

Khmen, H.; Faig, Wolfgang. *Surveying.* Berlim: De Gruyter, 1988. 577p. ISBN 3-11-008303-5

Obata, S. H. ; Souza, U. E. L. *Características geométricas relevantes para controle da qualidade dos produtos moldados de concreto armado.* São Paulo: EPUSP, 2001.

Programa Brasileiro Da Qualidade E Produtividade *Sub-programa setorial da qualidade e produtividade, Sub-comitê: Indústria da Construção Civil - /Revisão de Fevereiro/2000.* Brasília, 2000

Sabbatini, F.H. *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.* 1989. 321p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

Wolf, P.Ghillani G. *Adjustment Computations: Statistics and Least Squares in Surveying and GIS.* Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1997

7. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE e de Engenharia Civil da UNICAP, pela cessão dos equipamentos utilizados para a realização dos experimentos. E a Pós-Graduação em Ciências Geodésicas UFPE pelo apoio, sendo este trabalho uma parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.