

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Daniel Kempf de Campos Velho

**ALVENARIA ESTRUTURAL: DEFINIÇÃO DE
INDICADORES DE PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DAS
EQUIPES DE TRABALHO**

Porto Alegre
junho 2013

DANIEL KEMPF DE CAMPOS VELHO

**ALVENARIA ESTRUTURAL: DEFINIÇÃO DE
INDICADORES DE PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DAS
EQUIPES DE TRABALHO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Jean Marie Désir

Porto Alegre

junho 2013

DANIEL KEMPF DE CAMPOS VELHO

**ALVENARIA ESTRUTURAL: DEFINIÇÃO DE
INDICADORES DE PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DAS
EQUIPES DE TRABALHO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, março de 2013

Jean Marie Désir
Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jean Marie Désir (UFRGS)
Dr. em Engenharia pelo COPPE/UFRJ

Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Dr. em Engenharia pelo PPGEC/UFRGS

Profa. Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. em Engenharia pelo PPGEM/UFRGS

Dedico este trabalho a minha avó Olmira Silvia Alves Kempf, que sempre ajudou na criação de todos os seus netos com muito amor, carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Prof. Jean Marie Désir, orientador deste trabalho, por todos os comentários, conselhos e incentivos que me ajudaram no desenvolvimento desta pesquisa.

À Profa. Carin Maria Schmitt, pelo acompanhamento dado em todas as etapas do trabalho, por todas as correções e sugestões, e também pelas conversas esclarecedoras.

Agradeço a toda equipe da obra na qual se realizou esta pesquisa, em especial ao engenheiro Renato e ao Vinícius, por terem aberto as portas do empreendimento de maneira tão amigável e esclarecido todas as dúvidas que surgiram no decorrer da pesquisa.

Agradeço a toda minha família pelo apoio, carinho e compreensão em todos os momentos. Em especial à minha mãe, Marlise Kempf, pelo esforço que ela sempre fez para que eu tivesse a melhor educação possível.

Agradeço a minha namorada Lisiane Loechner, por todo o, carinho, compreensão e companheirismo durante este período.

Agradeço a todos meus amigos e colegas pelos ótimos momentos compartilhados que alegraram e alegraram os meus dias, deixando essa jornada muito mais agradável.

Por fim, agradeço a todos os meus professores, tanto os da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, quanto àqueles que participaram do meu ensino fundamental e médio. Seria impossível chegar até aqui sem os ensinamentos transmitidos e os conhecimentos passados por todos eles.

Aprender sem pensar é tempo perdido.

Confúcio

RESUMO

A produtividade da mão de obra pode ser influenciada por diversos fatores. Dentre eles, um de grande importância é a configuração das equipes de trabalho em relação ao número de pedreiros e serventes. Este trabalho faz uma análise da produtividade na execução de paredes pelo sistema de alvenaria estrutural em função das diversas configurações de equipe encontradas numa determinada obra de estudo, situada na cidade de Canoas, RS. Através de pesquisa bibliográfica foram descritos métodos de medir a produtividade, além da descrição das características do sistema de alvenaria estrutural a fim de melhor compreendê-lo. Partindo dessa base da literatura, foi feito o levantamento dos dados em obra a fim de se comparar a produtividade das diferentes equipes. Com visitas diárias à obra durante um período de três meses, foi obtida a produção diária de alvenaria, o número de trabalhadores de cada equipe e outras informações relevantes à produtividade alcançada, para enfim gerar os indicadores de produtividade. Com eles foi possível analisar a produtividade de cada equipe, os fatores que mais influenciaram para que se chegasse nesses valores, bem como a influência das diferentes configurações encontradas.

Palavras-chave: Produtividade da Mão de Obra. Alvenaria Estrutural. Equipes de Trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da pesquisa	18
Figura 2 – Parede estrutural não armada	22
Figura 3 – Parede estrutural armada	23
Figura 4 – (a) estrutura aporcada e (b) estrutura de painéis laminares	24
Figura 5 – Malha reticulada empregada em blocos modulares	26
Figura 6 – Exemplo de uma planta de primeira fiada com detalhes das instalações da cozinha	33
Figura 7 – Assentamento de castelinhos	34
Figura 8 – Diagrama das fazes de execução da alvenaria	35
Figura 9 – Produção como rede de processos e operações.....	38
Figura 10 – Modelo dos Fatores	40
Figura 11 – Representação esquemática das equipes envolvidas direta e indiretamente na execução de um serviço	42
Figura 12 – Implantação do empreendimento	44
Figura 13 – Planta baixa do pavimento tipo	45
Figura 14 – Vigas moldadas in-locu	45
Figura 15 – Corte de blocos para elétrica/inspeções	47
Figura 16 – Skytrak transportando argamassa ao pavimento	48
Figura 17 – Marcação da primeira fiada	50
Figura 18 – Verificação da primeira fiada	51
Figura 19 – Blocos armazenados na frente das torres	53
Figura 20 – Exemplo de planta utilizada na obtenção dos dados	55
Figura 21 – Planilha de levantamento de dados	55
Figura 22 – Exemplo de planilha de produtividade de uma equipe	60
Figura 23 – Exemplo de planilha de produtividade de uma equipe separada por pavimento	60
Figura 24 – RUP equipe 1 – 4º pavimento, torre D	61
Figura 25 – RUP equipe 1 – 5º pavimento, torre D	62
Figura 26 – Comparação entre as RUP – Equipe 1	63
Figura 27 – Tempo de produção de um pavimento – equipe 1	64
Figura 28 – RUP equipe 2 – 5º pavimento, torre B	65
Figura 29 – RUP equipe 2 – 5º pavimento, torre C	66
Figura 30 – Comparação entre as RUP – Equipe 2	67
Figura 31 – Tempo de produção de um pavimento – equipe 2	68

Figura 32 – RUP equipe 3 – Geral	69
Figura 33 – Comparação entre as RUP – Equipe 3	70
Figura 34 – Tempo de produção de um pavimento – equipe 3	71
Figura 35 – RUP equipe 4 – Geral	72
Figura 36 – Comparação entre as RUP – Equipe 4 (a)	73
Figura 37 – Comparação entre as RUP – Equipe 4 (b)	73
Figura 38 – Tempo de produção de um pavimento – equipe 4	74
Figura 39 – Efeito da variação dos serventes na equipe 3 – RUP	75
Figura 40 – Efeito da variação dos serventes na equipe 3 – tempo de produção	76
Figura 41 – Efeito da variação dos serventes na equipe 4 – RUP	77
Figura 42 – Efeito da variação dos serventes na equipe 4 – tempo de produção	77
Figura 43 – Comparação das RUP no período – Geral	78
Figura 44 – Comparação do tempo de produção no período – Geral	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Blocos modulares comumente encontrados no mercado	25
Quadro 2 –. Dados comparativos de escadas em concreto armado <i>versus</i> escadas pré-moldadas com estrutura metálica	27
Quadro 3 – Requisitos para resistência a compressão, absorção de água e retração	29
Quadro 4 – Algumas propriedades das argamassas, sua importância e como medi-las	30
Quadro 5 – Ferramentas e equipamentos utilizados na execução de edificações em alvenaria estrutural	32
Quadro 6 – Organização dos levantamentos	56

LISTA DE SIGLAS

NBR – Norma Brasileira

RUP – Razão Unitária de Produção

LISTA DE SÍMBOLOS

Hh – homens hora demandados (Hh)

m² – metros quadrados executados (m²)

CM – Consumo de material

QRM – Quantidade real de material utilizado

QS – Quantidade de serviço executado (m²)

PM – Perda de material

QTM – Quantidade teórica de material

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	16
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	16
2.2 OBJETIVO DE PESQUISA	16
2.2.1 Objetivo Principal	16
2.2.2 Objetivo Secundário	16
2.3 PREMISSA	17
2.4 DELIMITAÇÕES	17
2.5 LIMITAÇÕES	17
2.6 DELINEAMENTO	17
3 ALVENARIA ESTRUTURAL	20
3.1 UM BREVE HISTÓRICO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	20
3.2 CARACTERÍSTICAS E CONCEITOS BÁSICOS	21
3.2.1 Tipos de parede estrutural	22
3.2.2 Aspectos de projeto	23
3.2.3 Peças complementares ao sistema	27
3.3 MATERIAIS EMPREGADOS	27
3.3.1 Blocos de concreto	28
3.3.2 Argamassas de assentamento	29
3.3.3 Graute	30
3.4 ASPECTOS EXECUTIVOS	31
3.4.1 Ferramentas e equipamentos utilizados	31
3.4.2 Marcação e assentamento da primeira fiada	32
3.4.3 Elevação da alvenaria	33
3.4.4 Controle tecnológico	35
4 PRODUTIVIDADE	37
4.1 PRODUÇÃO E PROCESSOS PRODUTIVOS	37
4.2 MODELO DOS FATORES	38
4.3 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA.....	40
4.3.1 Mensuração da produtividade da mão de obra	40
4.3.2 Fatores que influenciam na produtividade da mão de obra	42
5 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA ESTUDADA	44
5.1 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO	44

5.2 EQUIPES DE TRABALHO	46
5.2.1 Equipe de gerenciamento	46
5.2.2 Equipes de execução da alvenaria estrutural	46
5.2.3 Equipes e máquinas de apoio	48
5.3 EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	49
5.3.1 Marcação e execução da primeira fiada	50
5.3.2 Elevação da alvenaria até a nona fiada	51
5.3.3 Elevação da alvenaria até a cinta de amarração	52
5.4 CONDIÇÕES DO CANTEIRO E ESTOQUES DE MATERIAIS	52
6 COLETA DE DADOS	54
6.1 MÉTODO DE COLETA DE DADOS	54
6.2 ROTINA DE COLETA DE DADOS	56
6.3 DADPS DE ENTRADA	57
6.3.1 Critérios adotados para as equipes de trabalho	57
6.3.2 Critério adotado para o tempo de trabalho	58
6.4 INDICADORES DE PRODUTIVIDADE	58
7 ANÁLISE DOS RESULTADOS	59
7.1 ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA EQUIPE 1	60
7.1.1 Produtividade do quarto pavimento – torre D	61
7.1.2 Produtividade do quinto pavimento – torre D	62
7.1.3 Produtividade geral – equipe 1	63
7.2 ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA EQUIPE 2	64
7.2.1 Produtividade do quinto pavimento – torre B (equipe 2)	64
7.2.2 Produtividade do quinto pavimento – torre C.	66
7.2.3 Produtividade geral – equipe 2	67
7.3 ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA EQUIPE 3	68
7.4 ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA EQUIPE 4	71
7.5 ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE EM EQUIPES COM VARIAÇÃO NO NÚMERO DE SERVENTES	74
7.5.1 Equipe 3	74
7.5.2 Equipe 4	76
7.6 ANÁLISE GERAL DAS EQUIPES	78
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que por suas características intrínsecas, como a modulação, possibilita uma grande racionalização e maior produtividade quando comparada com sistemas convencionais. Isso se reverte em economia num empreendimento e, portanto, maior lucro. Há casos nos quais, com projetos, técnicas e tecnologias favoráveis à alvenaria estrutural, chegou-se numa redução em torno de 40% do custo da obra (informação verbal)¹. No entanto, nem sempre acontecem resultados tão bons, mesmo com obras que possuem características adequadas para esse sistema construtivo.

Para garantir a economia que a alvenaria estrutural pode proporcionar, são necessários alguns cuidados: projetos específicos para o sistema, planejamento do empreendimento, mão de obra especializada, materiais de qualidade e, também, controle de produção da obra. Todos esses aspectos estão correlacionados e resultam em maiores ou menores valores de produtividade e perdas de material. Através do controle de produção pode-se averiguar se o desempenho da obra está de acordo com o planejado, ou se é necessário modificar e repensar o que está sendo feito.

Para se ter um processo de controle, é necessária a criação de indicadores, para ser possível comparar aquilo que se fez com o que se planejou e projetou, tanto em termos de produção quanto em gastos de materiais. De posse deles, é possível avaliar se, de acordo com o que foi projetado e planejado, junto com os materiais, a tecnologia e a mão de obra de que se dispõe, os resultados são os esperados. Sem eles, só se saberá o resultado do empreendimento no final, fazendo um balanço de tudo que foi gasto (materiais, mão de obra, tempo). Neste momento, obviamente, já não é mais possível tomar atitudes para reverter e melhorar a produção e, no máximo, se aprende uma lição para a próxima obra.

Dentro deste contexto, o foco do trabalho é a criação de indicadores de produtividade, e a avaliação dos mesmos em relação as diferentes configurações de equipes de trabalho utilizadas na obra de estudo. O indicador utilizado será a RUP, Razão Unitária de Produção,

¹ Informação obtida no Curso Avançado de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto, ocorrido entre os dias 13/08/2012 e 17/08/2012, na sede da Associação Brasileira de Cimento Portland, em São Paulo/SP, proferida pelo Eng. Davidson Figueiredo Deana.

que é definida pela razão entre os Homens-hora utilizados e a produção obtida, no caso da alvenaria, metros quadrados. Com esses dados será possível retroalimentar o sistema, possibilitando, caso seja percebida a necessidade, a criação de ações para aumentar a produtividade e diminuir o desperdício de materiais envolvendo o sistema construtivo de alvenaria estrutural.

No próximo capítulo são apresentados os objetivos do estudo, a questão de pesquisa, suas limitações e delimitações. No capítulo três está descrito o processo construtivo de alvenaria estrutural, começando com um breve histórico e depois destacando suas principais características. No quarto capítulo é definido produtividade e também apresentado alguns fatores que a influenciam. Também são descritos alguns cuidados importantes na medição da produtividade.

O quinto capítulo trata sobre a obra estudada. Nele se tem a caracterização do empreendimento, como organiza seus processos e operações e a maneira como as executa. No capítulo seis é descrito como se procedeu a coleta de dados sobre a produtividade, mostrando quais considerações foram feitas para o levantamento.

As análises dos dados coletados se encontram no capítulo sete. Nele foram feitas considerações sobre os resultados obtidos, bem como a demonstração destes em gráficos e tabelas. Por fim, no capítulo oito, temos algumas considerações finais sobre o trabalho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Para a elaboração do trabalho foram consideradas as diretrizes expostas a seguir.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: qual a influência das configurações das equipes de trabalho, quanto ao número de pedreiros e serventes na execução de paredes pelo sistema de alvenaria estrutural?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a avaliação do comportamento dos indicadores de produtividade da mão de obra na execução de paredes no sistema de alvenaria estrutural em função da configuração da equipe de trabalho quanto ao número de pedreiros e de serventes.

2.2.2 Objetivos secundários

O trabalho tem como objetivo secundário a criação de uma planilha para levantamento dos dados necessários para a obtenção dos indicadores.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem como premissa que um dos fatores que podem influenciar na produtividade de um serviço é a configuração da equipe de trabalho.

2.4 DELIMITAÇÕES

O estudo considera os dados de uma única obra residencial multifamiliar executada pelo sistema de alvenaria estrutural. O empreendimento está situado na cidade de Canoas, RS.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

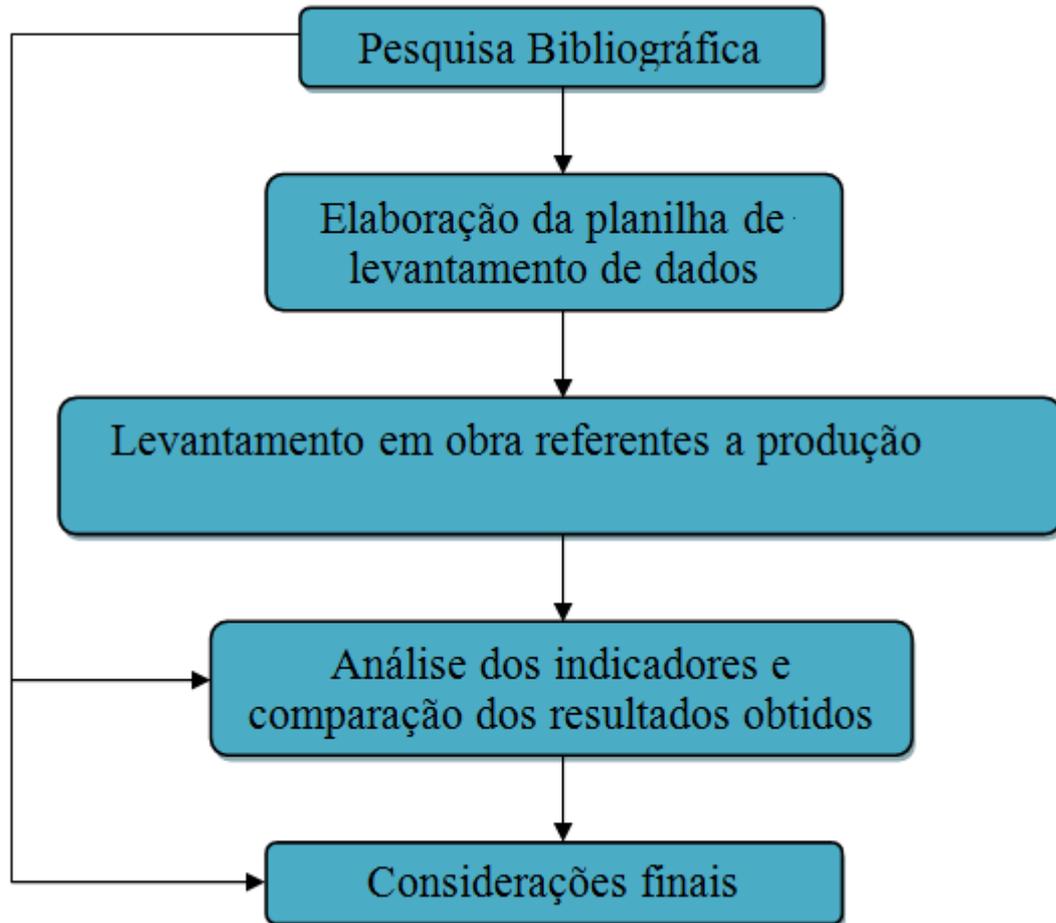
- a) levantamento dos dados ocorreu somente em março, abril e maio. Sendo assim, não foi observado o efeito das diferentes estações do ano na medição da produtividade;
- b) foi estudado somente a configuração das equipes de trabalho comumente encontradas na obra;
- c) para o levantamento das RUP, foi considerado somente a equipe direta de produção.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através de seis etapas, representadas na figura 1. São elas:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) elaboração da planilha de levantamento de dados;
- c) levantamento em obra dos dados referentes à produção;
- d) análise dos indicadores e comparação dos resultados obtidos;
- e) considerações finais.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A primeira etapa do trabalho é a **pesquisa bibliográfica**, que permaneceu durante todo o trabalho, mas com menor intensidade nas etapas subsequentes. Ela forneceu o embasamento teórico para todas as outras etapas com informações sobre o sistema de alvenaria estrutural e quanto ao levantamento de dados sobre produção da mão de obra e consumo de materiais. Através dela, junto com a definição das variáveis de estudo, foi **elaborada a planilha de levantamento de dados**.

Nessa foram anotados em observações de campo: componentes da equipe (pedreiros e serventes), tempo de trabalho, metragem produzida e condições climáticas. A tabela também contém um espaço para observações, a fim de anotar qualquer anormalidade observada. Os dados de saída são os indicadores de produtividade.

De posse da planilha foi feito o **levantamento em obra dos dados referentes a produção**. Para isso, foi visitado uma obra residencial multifamiliar situada na cidade de Canoas, RS, onde ocorreu o levantamento de campos dos dados necessários constantes na planilha.

Na obra foi levantada a produtividade diária de cada equipe. Para obter a produtividade, eram anotadas a altura (em fiadas) de cada parede que estava sendo executada em cada visita, que ocorria sempre de manhã. Já para os materiais, foram anotadas as quantidades disponíveis em todas as visitas, de forma a identificar a variação conforme a alvenaria era levantada.

Após, foi feita a **análise dos indicadores e a comparação dos resultados obtidos**. Com base nisso pode-se verificar a variação na produtividade em função da configuração da equipe de trabalho, respondendo a questão de pesquisa do mesmo. A produção considerada nas análises é a área útil das paredes, portanto, descontado os vãos e aberturas. Por fim, foram realizadas algumas **considerações finais** a respeito do trabalho realizado e dos resultados obtidos.

3 ALVENARIA ESTRUTURAL

Neste capítulo é feita a descrição do sistema de Alvenaria Estrutural. Começando por um pequeno resumo histórico e passando as suas características e conceitos básicos, projeto, materiais empregados e aspectos de execução.

3.1 UM BREVE HISTÓRICO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 9), a utilização de alvenaria como estrutura de edificações é muito antiga e foi com ela que se realizou grandes obras da Antiguidade, como o Parthenon, na Grécia, construído entre 480 e 323 a.C., e a Muralha da China, no período de 1368 a 1644. Ela predominou até o século XIX, quando, ao mesmo tempo as estruturas de aço e de concreto armado surgiram. A falta de estudos rigorosos quanto ao dimensionamento das estruturas de alvenaria a tornavam inviável para a construção de edificações com alturas elevadas. Esses fatores fizeram com que ela fosse relegada a segundo plano em relação aos sistemas e materiais mais competitivos. De acordo com Beall (2003, p. 5, tradução nossa, grifo do autor.):

O Monadnock Building de Chicago (1891) é considerado como a última grande construção baseada na **antiga tradição** de alvenaria. Com seus 16 andares de alvenaria portante, por norma ele necessitava de paredes com alguns pés de espessura, tornando-o insatisfatório para as demandas de uma sociedade industrializada moderna.

Estudos aprofundados sobre o sistema demoraram para acontecer, "Só na década de 1940 que engenheiros e arquitetos Europeus começaram a estudar fortemente paredes portantes de alvenaria, quase 100 anos após o início de estudos similares com o concreto." (BEALL, 2003, p. 6, tradução nossa). Quanto ao sistema como se conhece hoje, "É creditada a Paul Haller (Suíça) a responsabilidade por esta revolução na área, quando em 1951 dimensionou e construiu na Basileia um edifício de 13 andares (41,4m de altura) em alvenaria não armada [...]" (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 10).

Em relação ao Brasil, "[...] o Estado de São Paulo foi o grande precursor deste sistema construtivo. Em 1966 foram construídos os primeiros prédios com quatro pavimentos em

alvenaria armada de blocos de concreto, no Conjunto Habitacional **Central Parque da Lapa.**" (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 10, grifo do autor). A Associação Brasileira da Construção Industrializada (1990, p. 12) acentua que "[...] até 1972 os calculistas brasileiros evitavam se arriscar nos projetos com mais de quatro pavimentos, programados para serem construídos com blocos de concreto."

Nessa época foram construídas várias edificações com o sistema, porém os resultados quanto à qualidade e durabilidade do produto não eram os pretendidos. A partir disto, a pesquisa teve um grande incentivo nessa área, com destaques para alguns trabalhos, como o do Prof. Fernando Henrique Sabbatini, da Escola Politécnica, da Universidade de São Paulo, junto a construtora Encol. Mesmo com esses trabalhos, na década de 1980, os resultados ainda não estavam bons o suficiente, causando um atrofiamiento do uso da Alvenaria Estrutural no País. No entanto, dadas as vantagens econômicas do sistema em relação ao tradicional, de estruturas de concreto armado, algumas construtoras continuaram com a alvenaria e os bons resultados começaram a aparecer. Dessa forma, hoje a Alvenaria Estrutural tem técnicas cada vez mais aprimoradas e difundidas no Brasil (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 11-13).

3.2 CARACTERÍSTICAS E CONCEITOS BÁSICOS

Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 13) apresentam a seguinte definição: "Alvenaria Estrutural é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos portantes compostos por unidades de alvenaria, unidos por juntas de argamassa capazes de resistirem a outras cargas além de seu peso próprio.". De acordo com a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1990, p. 17), define-se a alvenaria moderna de blocos industrializados da seguinte maneira:

São construções formadas por blocos industrializados de diversos materiais, suscetíveis de serem projetadas para resistirem a esforços de compressão única ou ainda a uma combinação de esforços, ligados entre si pela interposição de argamassa e podendo ainda conter armadura envolta em concreto ou argamassa no plano horizontal e/ou vertical.

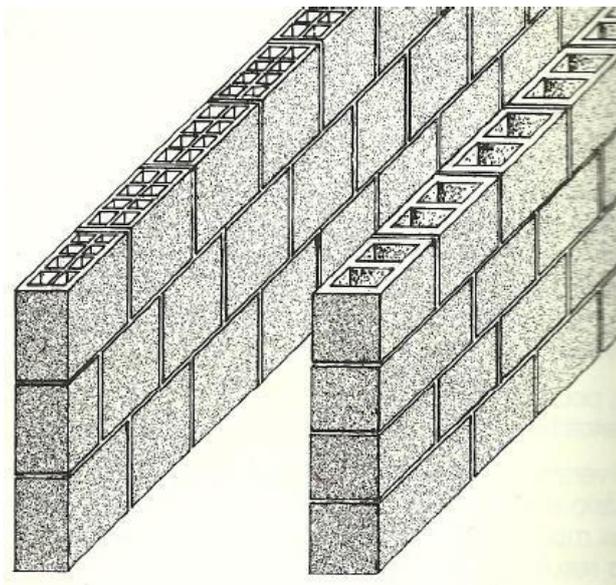
Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 14) também ressaltam que "Sem dúvida, o tipo de solicitação mais importante é a compressão, pois é o tipo de esforço ao qual a alvenaria estrutural não-armada apresenta melhor resistência.". Dessa maneira, devem ser evitadas tensões de tração elevadas, para que o sistema se torne mais econômico (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 9). Nos itens seguintes são abordados alguns aspectos mais relevantes do sistema.

3.2.1 Tipos de parede estrutural

A NBR 15961-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 7, grifo do autor) apresenta as seguintes definições:

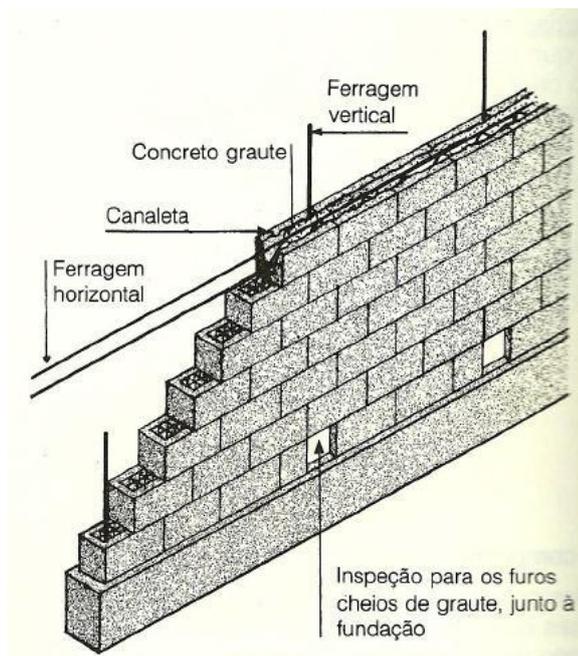
- a) **elemento de alvenaria não armado:** elemento de alvenaria no qual não há armaduras dimensionadas para resistir aos esforços cortantes [figura 2];
- b) **elemento de alvenaria armado:** elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras passivas que são consideradas para resistir aos esforços solicitantes.[figura 3];
- c) **parede estrutural:** toda parede admitida como participante da estrutura.

Figura 2 – Parede estrutural não armada



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 18)

Figura 3 – Parede estrutural armada



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 19)

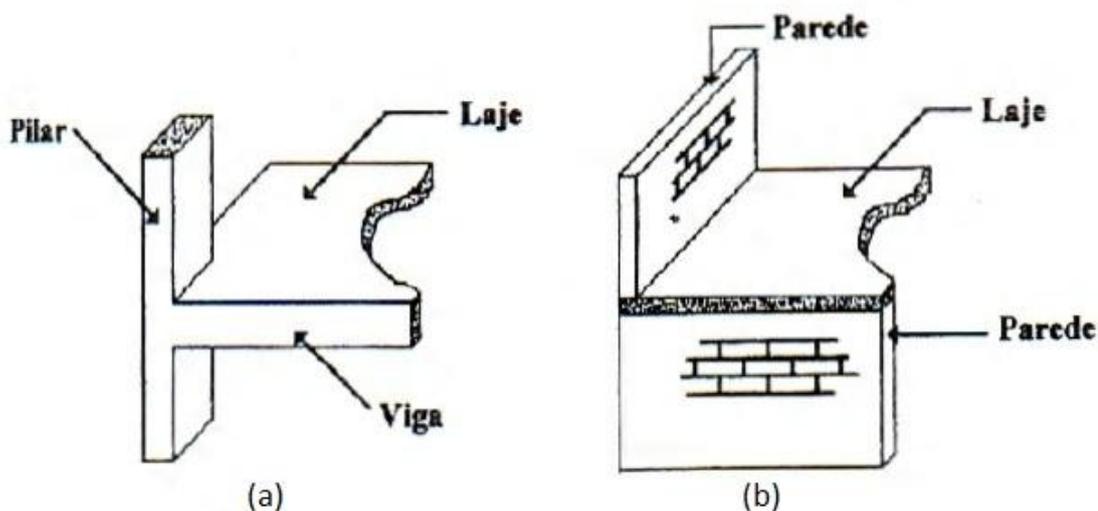
3.2.2 Aspectos de projeto

O princípio básico que se fundamenta um projeto de Alvenaria Estrutural é de que as paredes portantes, responsáveis por resistir às solicitações impostas à estrutura, são painéis laminares, diferentes dos pórticos de barras das estruturas de concreto. Deve-se aproveitar, portanto, da grande capacidade desses painéis de distribuir as cargas, diferente dos pilares de concreto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 37-38). Na figura 4 estão representadas as duas situações.

Ainda em comparação com o sistema tradicional de concreto armado, Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 63) destacam algumas particularidades da alvenaria estrutural:

- a) como o próprio nome indica, no sistema em alvenaria estrutural, as paredes funcionam como elementos portantes, transmitindo as cargas diretamente sobre as fundações, ou sobre as vigas, no caso de estruturas de transição;
- b) pelo fato de os componentes básicos empregados neste sistema construtivo apresentarem dimensões padronizadas, torna possíveis as coordenações modulares, ou seja, as dimensões da edificação devem ser múltiplas inteiras da unidade-base, o que evita uma série de desperdícios de materiais, mão de obra e tempo;
- c) os projetos arquitetônicos, estruturais e complementares devem ser desenvolvidos em conjunto (compatibilização dos projetos) para a definição dos projetos construtivos.

Figura 4 – (a) estrutura aporticada e (b) estrutura de painéis laminares



(fonte: RICHTER, 2007b, p. 7)

Da mesma forma, Richter (2007b, p. 27) ressalta que "Procedimentos comuns na construção tradicional, principalmente com relação à desvinculação dos projetos complementares, deve ser evitada.". Por isso, é importante ter um bom anteprojeto. Nesta etapa, é que se definem quais paredes serão estruturais e quais de vedação, qual o tipo de bloco a ser utilizado e a sua família – de maneira que a modulação seja a mais adequada à forma do projeto – e também já qual será o tipo de laje da construção. Com o anteprojeto pronto, elaboram-se os projetos complementares, de forma a ajustar as interferências entre um projeto e outro. Só então se passa para os projetos executivos.

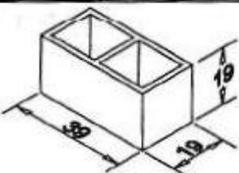
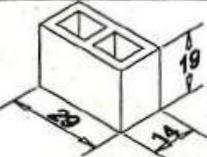
A etapa de modulação preliminar "[...] deve ser feita com bastante cautela, e com isso evitar o uso excessivo de blocos especiais e compensadores." (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 65). Beall (2003, p. 569, tradução nossa) complementa com "[...] um projeto bem pensado pode diminuir em muito o custo de qualquer sistema construtivo. Planejamento e escolha de materiais consciente, atenção aos detalhes através de especificações, e observações de campo contribuem para economizar na alvenaria estrutural."

Uma das principais vantagens dos projetos desse sistema é a coordenação modular, "[...] a técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência." (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 45). Ela "[...] parte da premissa que as dimensões dos ambientes da edificação são múltiplas inteiras da mesma unidade-base (metade

do comprimento do bloco inteiro empregado na modulação), evitando-se quebras de blocos e recortes nas paredes [...]” (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 66).

De acordo com Richter (2007b, p. 32), "Uma unidade será sempre definida por três dimensões padrões – comprimento, largura e altura. O comprimento e a largura definem o módulo horizontal (ou módulo em planta), enquanto a altura define o módulo vertical a ser adotado nas elevações das paredes.". Complementando a ideia, Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 66-67) colocam que quando o comprimento é igual a duas vezes a largura, os blocos são chamados modulares, como no exemplo dos blocos de 19x19x39 cm (dimensões nominais). Outros blocos são os de dimensões 14x19x39 cm (dimensões nominais), não modulares, que junto com o anterior são os dois tipos mais utilizados em Alvenaria Estrutural no País. O quadro 1 apresenta os dois tipos de bloco, suas dimensões modulares, nominais e a unidade base de modulação.

Quadro 1 – Blocos modulares comumente encontrados no mercado

Bloco	Dimensão modular (cm)	Dimensão nominal (cm)	Unidade-base para modulação (cm)
	20x20x40	19x19x39	20
	15x20x30	14x19x29	15

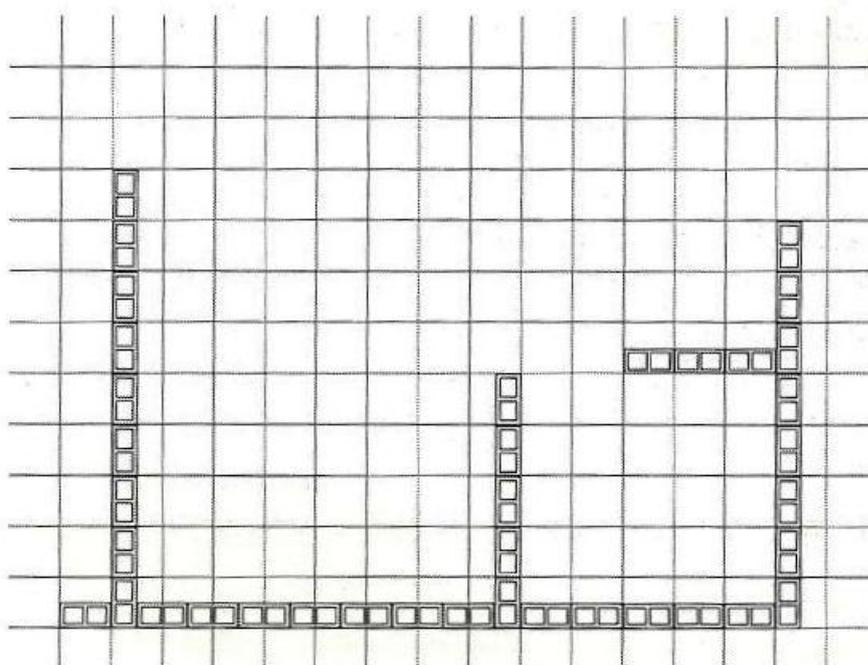
(fonte: PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 66)

Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 67) também afirmam que o bloco de 19x19x39 cm "[...] não necessita de peças especiais para a modulação, sendo sua família composta basicamente pelo bloco inteiro, meio bloco e pelos blocos canaletas.". Já o bloco de 14x19x39 cm, também de acordo com Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 74), "[...] como não se trata de um bloco modular [...], é necessário o emprego de alguns blocos especiais para que se consiga a perfeita amarração entre as paredes [...]". De acordo com Penteado (2003, p. 69), "A solução adotada é o emprego dos blocos especiais de 14x19x34 cm e de 14x19x54 cm; outros ajustes devem

ser evitados, na medida do possível, para facilitar a execução, como por exemplo o uso de peças compensadoras."

Em relação ao projetista, "[...] o responsável pelo projeto trabalha com uma malha reticulada com dimensão modular." (PENTEADO, 2003, p. 68). A figura 5 mostra uma malha reticulada com modulação de 20 cm.

Figura 5 – Malha reticulada empregada em blocos modulares



(fonte: PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 67)

Na modulação vertical, "[...] as alturas da porta, do peitoril e das janelas, do pé-direito e do patamar intermediário da escada devem ser múltiplas do módulo base vertical que é de 20 cm." (PENTEADO, 2003, p. 70). Richter (2007b, p. 32) comenta o seguinte:

Na prática, diversos parâmetros construtivos nos obrigam a acomodar algumas dimensões. As lajes, por exemplo, tem sua espessura determinada pelo seu dimensionamento econômico que raramente coincide com o módulo. Nessas condições a preocupação com a modulação vertical se restringirá à medida de piso a teto, tomando-se cuidado de utilizar uma espessura constante de laje em todo o pavimento a fim de se obter um único nível de respaldo na última fiada e um único nível de saída para a primeira fiada do andar superior.

3.2.3 Peças complementares ao sistema

De acordo com Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 125), "Para que a alvenaria estrutural de blocos de concreto funcione realmente como um sistema construtivo racionalizado, são necessárias algumas peças complementares, normalmente fornecidas pelos próprios produtores de blocos de concreto ou produzidos no canteiro de obra.". Os mesmos destacam as seguintes peças:

- a) vergas pré-moldadas para portas: elas permitem o assentamento direto dos blocos da fiada superior, não necessitam de escoramento e permitem que a altura das aberturas das portas fiquem com 2,16 m sem necessidade de quebras de blocos. É importante considerar que essas peças não foram feitas para suportar os esforços que as paredes são submetidas, portanto não substituem as vergas feitas com o grauteamento das canaletas, visto que essas sim são dimensionadas com fins estruturais;
- b) molduras para janelas: essas peças facilitam a instalação, dispensa a colocação de contra-marcos, dá precisão dimensional à execução, não requer requadro posterior, dão facilidade ao acabamento final e podem ser utilizadas com qualquer tipo de material para esquadrias. Da mesma forma que as vergas, elas não tem função estrutural;
- c) escadas pré-moldadas: essas escadas surgem para tornar o sistema mais competitivo e racionalizado, dando agilidade à execução. Existem dois tipos mais comumente encontrados no mercado: escadas tipo jacaré e escadas com estrutura metálica. O quadro 2 demonstra um comparativo entre escadas de concreto armado convencional e uma pré-moldada com estrutura metálica.

Quadro 2 – Dados comparativos de escadas em concreto armado versus escadas pré-moldadas com estrutura metálica

	Escada Convencional em Concreto Armado	Escada Pré-moldada com Estrutura Metálica
Peso	4.000 kg	1.360 kg
Formas	22 m ²	zero
Confecção, montagem e acabamento	50 horas x homens	10 horas x homens
Acabamento	Revestimento e pintura	Pintura

(fonte: PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 134)

3.3 MATERIAIS EMPREGADOS

Conforme Richter (2007b, p. 11), "Os materiais usados para a alvenaria estrutural são as unidades de alvenarias, vazadas ou maciças, as argamassas e o graute. A resistência final da

alvenaria, bem como outras características fundamentais são dependentes da composição entre esses materiais.". Neste item são descritas algumas características desses componentes.

3.3.1 Blocos de concreto

Na norma NBR 6136 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 1-2), são dadas, para blocos vazados de concreto, as seguintes definições:

3.1 bloco vazado: componente de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta;

[...]

3.7 blocos modulares: blocos com dimensões coordenadas, para a execução de alvenarias modulares, isto é, alvenarias com dimensões múltiplas do módulo $M = 10$ cm e seus submódulos $M/2$ e $M/4$;

3.8 família de blocos: conjunto de componentes de alvenaria que interagem modularmente entre si e com outros elementos construtivos. Os blocos que compõe a família, segundo suas dimensões, são designados bloco inteiro (bloco predominante), blocos de amarração L e T (blocos para encontros de paredes), blocos compensadores A e B (blocos para ajuste de modulação) e blocos canaletas;

3.9 classe: diferenciação dos blocos segundo seu uso.

Quanto às classes, a Norma diferencia os blocos dessa maneira:

- a) classe A – com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;
- b) classe B – com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- c) classe C – com função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- d) classe D – sem função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Em relação aos requisitos físico-mecânicos de cada classe, a NBR 6136 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 6) apresenta o quadro 3.

Quanto aos materiais constituintes dos blocos, ainda de acordo com a NBR 6136, o concreto deve ser constituído de cimento Portland, agregados e água. O cimento e os agregados, tanto

graúdos quanto miúdos, devem estar de acordo com as respectivas normas. Não deve haver a presença de produtos nocivos à hidratação do cimento na água.

Quadro 3 – Requisitos para resistência a compressão, absorção de água e retração

Classe	Resistência característica f_{ck} Mpa	Absorção de água média em %		Retração ⁽¹⁾ %
		Agregado normal	Agregado leve	
A	$\geq 6,0$	$\leq 10,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
B	$\geq 4,0$		(média)	
C	$\geq 3,0$		$\leq 16,0$	
D	$\geq 2,0$		(individual)	
⁽¹⁾ Facultativo				

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 6)

3.3.2 Argamassas de assentamento

Argamassa, de acordo com a NBR 13281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 2), é uma "[...] mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)". Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 35) destacam que "A argamassa [...] une as unidades de alvenaria e que serve para transferir esforços entre elas, bem como para acomodar pequenas deformações inerentes à própria alvenaria."

Sobre suas propriedades, elas "[...] dividem-se em dois grupos nítidos: propriedades no estado fresco [...]; e propriedades no estado **endurecido** [...]" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 163, grifo do autor). O quadro 4 mostra as características desejáveis em cada um dos estados.

Quadro 4 – Algumas propriedades das argamassas, sua importância e como medi-las

Estado	Propriedade	Importância	Métodos de ensaio
Fresco	Fluidez	A argamassa deve deslizar na colher e permitir acertar a posição do bloco/tijolo na fiada.	Mesa de consistência NBR-7215 ou abatimento do tronco de cone (slump) NBR-7223
	Coesão	A argamassa não deve se desintegrar ao se fazer o "cordão" na colher; ela deve aderir aos blocos; deve suportar os blocos sem se deformar antes da pega.	Retenção de água CE-2:3.4-017
	Retenção	A argamassa não deve perder fluidez enquanto está sendo trabalhada pelo pedreiro; não deve perder água por evaporação ou absorção excessivas para não trincar o estado fresco.	Resistência à compressão NBR-7215
Endurecido	Resistência à compressão	A resistência se associa à durabilidade, à impermeabilidade, sendo fácil de medir. Tem influência na resistência mecânica da parede quando muito baixa ou muito alta; relaxionando-se também com a deformabilidade, a resistência à tração e ao cisalhamento.	Módulo de deformação NBR-8522
	Módulo de deformação	Influi na deformabilidade da parede; influi no aparecimento ou não de trincas quando da acomodação da alvenaria a pequenas movimentações ou variações dimensionais.	Retração por secagem de argamassas endurecidas CE-2:3.4-005
	Retração por secagem	Ligado à suscetibilidade de fissuração das juntas de argamassa devido ao próprio fenômeno de retração	

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1990, p. 163)

3.3.3 Graute

Outro importante material do sistema, "O graute é produzido com os mesmos ingredientes usados no concreto convencional, com a única diferença de que no graute se busca uma elevada fluidez, [...]. [No *slump test*], o graute deve apresentar um abatimento na faixa de 8 a 11 polegadas (20 a 28 cm)." (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 56). Para a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1990, p. 169), "Além de solidarizar as ferragens à alvenaria garantindo o funcionamento como estrutura armada, o graute influi decisivamente na resistência mecânica à compressão [...], sendo inclusive utilizado como recurso dos calculistas, para aumentar a capacidade portante da parede sem aumentar sua espessura.". Sabbatini (2003, p. 17) ainda ressalta que "Normalmente a ação mais importante [do graute] na alvenaria parcialmente armada é a de conseguir um preenchimento uniforme dos vazados verticais.".

Conforme Gaiofatto² (2002 apud PENTEADO, 2003, p. 64):

² GAIOFATTO, R. **Alvenaria estrutural**: novas tendências técnicas e de mercado. Rio de Janeiro: Editora Interciência; Senai, 2002.

Além destas, as características mecânicas da argamassa, como resistência à compressão e ao módulo de deformação longitudinal, apresentam elevada importância, uma vez que estas argamassas devem suportar os esforços a eles transferidos de forma integrada com o concreto dos blocos, geralmente de idade superior e fabricado em ambiente de usina, ou seja, de controles muito mais eficientes. Estas características, que devem ser adequadamente especificadas pelo projetista da estrutura, serão atingidas pelo desenvolvimento de uma dosagem adequada da argamassa.

3.4 ASPECTOS EXECUTIVOS

Para Penteadó (2003, p. 76), "Utilizando-se, simplesmente, blocos de concreto para execução da obra, não resulta, necessariamente, em um aumento de produtividade ou economia.". Sabbatini (2003, p. 6-7) complementa essa ideia ao reconhecer que a Alvenaria Estrutural deve ser baseada em técnicas e critérios específicos, visando a qualidade, confiabilidade e durabilidade das edificações. Neste capítulo são demonstrados alguns desses critérios, técnicas e práticas recomendáveis.

3.4.1 Ferramentas e equipamentos utilizados

Muitas ferramentas e equipamentos são comuns a outros sistemas de construção, no entanto, "[...] há alguns que são específicos para o modo de construir em Alvenaria Estrutural, como, por exemplo, as ferramentas para assentamento de blocos: palheta, canaleta ou bisnaga." (RICHTER, 2007b, p. 44). O quadro 5 apresenta as ferramentas necessárias em cada serviço da execução de alvenaria.

Quadro 5 – Ferramentas e equipamentos utilizados na execução de edificações em alvenaria estrutural

Ferramentas e Equipamentos	Uso na execução de alvenaria estrutural	
	Serviços de marcação	Serviços de elevação
Colher de pedreiro	X	X
Palheta, Canaleta ou bisnaga		X
Esticador de linha	X	X
Fio traçador de linha	X	
Caixote para argamassa e suporte	X	X
Trena de 5m e 30m	X	X
Nível à laser	X	
Régua prumo/nível $\geq 1,20\text{m}$	X	X
Esquadro (60x80x100)cm	X	
Escantilhão ou régua de marcação	X	X
Carrinho especial - transporte blocos	X	X
Andaimés		X
EPI's	X	X

(fonte: RICHTER, 2007b, p. 44)

3.4.2 Marcação e assentamento da primeira fiada

Conforme Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 138), "O processo de execução das alvenarias inicia-se pela locação dos blocos-chave (blocos que definem alinhamentos), sendo uma das principais fases da execução.". Santos (1998, p. 56) reforça esta ideia ao afirmar que "A primeira fiada exerce um papel fundamental na resistência, nivelamento, esquadro e planimetria das alvenarias. Qualquer erro nesta fiada repercutirá nas demais, dificultando o trabalho do pedreiro e comprometendo a qualidade da parede."

Dando sequência, "Após a locação e assentamento dos blocos-chave, os blocos que definem a primeira fiada devem ser posicionados, próximos das linhas, a fim de verificar se a modulação indicada em projeto está correta." (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 151). É importante ressaltar que antes de todo o processo, deve-se garantir o nivelamento da laje e sua resistência adequada (SABBATINI, 2003, p. 20). A figura 6 mostra um exemplo de planta de primeira fiada.

Figura 6 – Exemplo de uma planta da primeira fiada com detalhes das instalações da cozinha

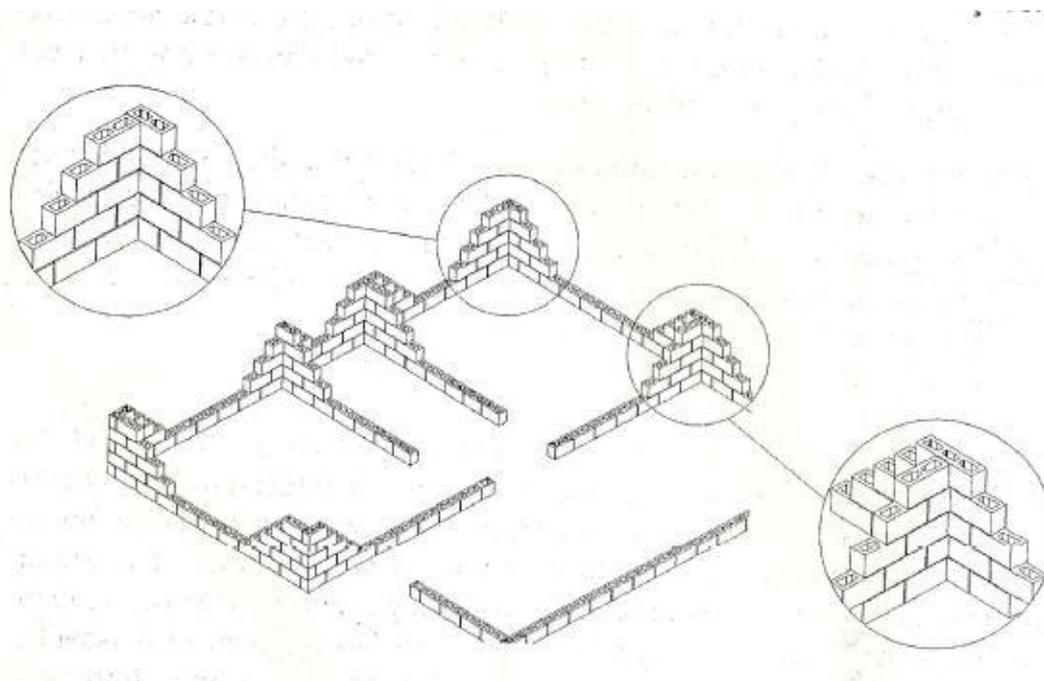


(fonte: RICHTER, 2007b, p. 43)

3.4.3 Elevação da alvenaria

Para a elevação das paredes, "Primeiramente, deve-se definir o prumo, alinhamento e nível que as fiadas constituintes da parede deverão seguir." (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 160). Para isso existem, basicamente duas formas: a construção de castelinho (figura 7) ou a utilização de escantilhões. O castelo, ou castelinho, é o nome dado aos blocos assentados na extremidade ou no encontro das paredes, empilhados em forma de pirâmide. O posicionamento, nivelamento, alinhamento e prumo desses blocos devem ser rigidamente controlados, pois são eles que determinam o resto da parede. O escantilhão permite a definição simultânea do prumo, alinhamento e nivelamento da parede. Para utilizá-lo, no entanto, são necessários alguns cuidados, como regularização da superfície da laje, furação e correta fixação na mesma, posicionamento correto e nivelamento do prumo do escantilhão (PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 160-161).

Figura 7 – Assentamento de castelinhos



(fonte: PRUDÊNCIO JR. et al., 2002, p. 160)

Para atingir os padrões de qualidade desejados, "[...] a elevação da alvenaria deve ser realizada de forma racionalizada. Para isto é necessário que se compreenda as etapas que constituem essa atividade. A [figura 8] representa de forma esquemática a sequência de execução da alvenaria." (RICHTER, 2007b, p. 46).

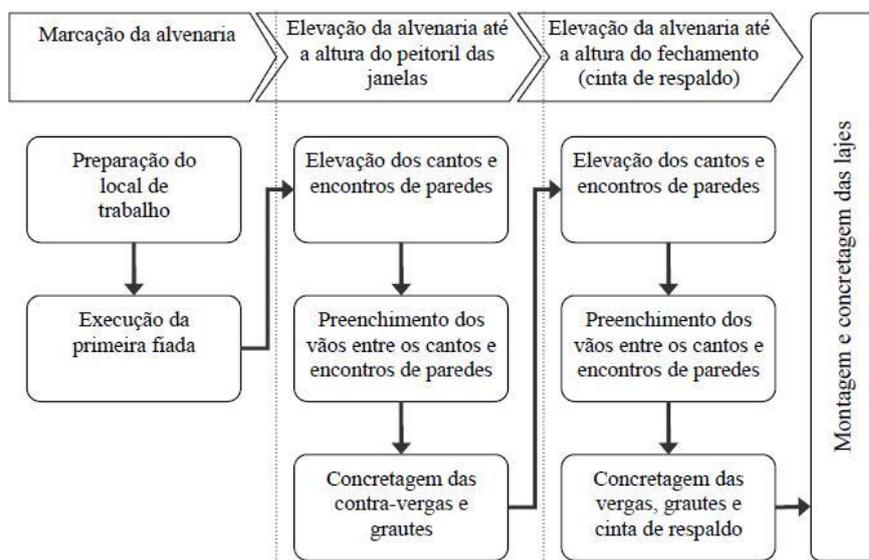
É importante que durante todas as etapas seja verificado alinhamentos, prumos e níveis, para que os erros não se propaguem para as fiadas superiores. A Alvenaria Estrutural não permite "**esconder na massa**", como é costume na construção tradicional, portanto é necessário um rígido controle de qualidade em seus processos (SABBATINI, 2003, p. 20-21, grifo do autor).

Na sequência é feito o grauteamento, que "É uma operação de importância essencial para que se obtenha o desempenho estrutural esperado [...]. Todas as recomendações da norma NBR 8798³, relativa às técnicas de grauteamento (NBR 8798³, item 4.2.6) deverão ser obedecidas." (SABBATINI, 2003, p. 22). Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 165) ainda ressaltam que antes do lançamento do graute, devem ser feitas visitas para inspeção no pé de cada prumada

³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798**: execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 1985. – esta norma foi substituída pela NBR 15961.

grauteada, os vazados devem estar limpos e a armadura colocada de acordo com as indicações do projeto. Só então deve ser feito o lançamento e adensamento propriamente ditos.

Figura 8 – Diagrama das fases de execução da alvenaria



(fonte: RICHTER, 2007b, p. 46)

A execução de Alvenaria Estrutural com blocos de concreto deve estar toda de acordo com a NBR 15961-2 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: execução e controle de obras.

3.4.4 Controle tecnológico

O controle tecnológico para a alvenaria estrutural é facilitado, pois “Sendo a Alvenaria Estrutural um sistema construtivo racionalizado, exigindo projetos integrados e bem detalhados, com especificações completas dos materiais, o controle de qualidade é mais fácil de ser implementado [...]” (SANTOS, 1998, p. 121). Prudêncio Jr. et al. (2002, p. 179) explicam essa afirmação pelo sistema apresentar um número de insumos reduzido, além de que os blocos podem ser ensaiados antes da execução da estrutura, diferente do que ocorre com o concreto armado.

Richter (2007a, p. 58-60, grifo nosso) divide o controle tecnológico do sistema de Alvenaria Estrutural em três partes:

- a) **controle de recebimento de materiais e componentes:** deve ser feito o controle dos blocos estruturais, das argamassas de assentamento, do graute e do concreto estrutural. Esse controle deve ser de acordo com as diretrizes da NBR 15961-2 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: execução e controle de obra. Os blocos também devem ser ensaiados conforme a NBR 6136 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), e as argamassas de acordo com a norma NBR 13281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005);
- b) **controle de aceitação da alvenaria:** esse controle é feito através do ensaio de prisma oco, seguindo as diretrizes da norma NBR 15961-2 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: execução e controle de obra. Esse ensaio permite analisar, ao mesmo tempo, as características dos blocos, da argamassa, do graute, a maneira como interagem, além de fatores específicos, como a influência da mão de obra e do clima;
- c) **controle de produção de paredes estruturais e da estrutura do edifício:** aqui devem ser observadas as propriedades das paredes (nivelamento, prumo, planicidade, vãos) a fim de manter o produto dentro de especificações e tolerâncias do sistema de qualidade da obra, que deve estar de acordo com as exigências normativas.

4 PRODUTIVIDADE

A produtividade pode ser considerada como sendo a eficácia na transformação de recursos em produto e pode ser medida tanto em termos físicos (número de tijolos, quilos de cimento) quanto em termos financeiros (quanto foi gasto para produzir determinada quantidade de um produto) (SOUZA, 1998, p. 239-240). Assim, para que se possa entender o sistema produtivo e analisar sua produtividade com maior propriedade, nesse capítulo são apresentados alguns conceitos sobre processos produtivos, produtividade da mão de obra, perdas de materiais, métodos de medição da produtividade e indicadores de produção.

4.1 PRODUÇÃO E PROCESSOS PRODUTIVOS

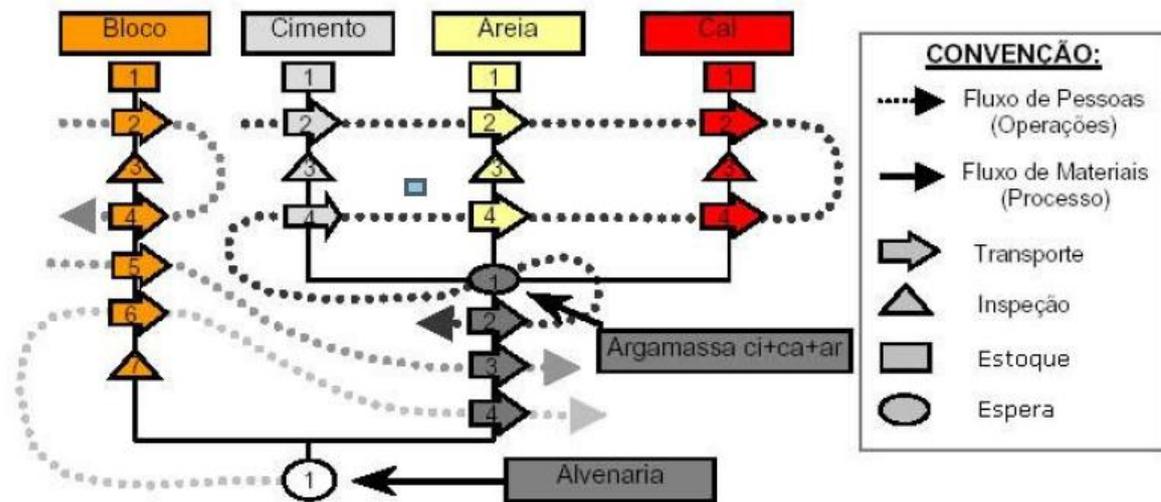
Para se falar sobre produtividade, é necessário primeiro entender o conceito de produção que, de acordo com Shingo (1996, p. 9), é "[...] uma rede de processos e operações, fenômenos que se posicionam ao longo de eixos que se interseccionam.". Ainda segundo o mesmo autor, para conseguir o melhor desempenho, as melhorias devem ser buscadas nos processos de produção, ao contrário da visão convencional, principalmente do ocidente, de se melhorar as operações.

Isatto et al. (2000, p. 8, grifo do autor) complementam o conceito assumindo "[...] que um processo consiste em um **fluxo de materiais**, desde a matéria prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de **transporte, espera, processamento** (ou conversão) e **inspeção** [figura 9]". Na visão dos autores, a atividade de processamento é a única que agrega valor ao produto final, apesar de isso nem sempre ocorrer, como nos casos de produtos que ficam fora das especificações causando retrabalhos. As demais atividades são consideradas atividades de fluxo. Para completar estes conceitos, Isatto et al. (2000, p. 9, grifo do autor) ainda observa que:

Além do fluxo de montagem e do fluxo de materiais e de informações, existe um outro tipo de fluxo na produção que necessita ser devidamente gerenciado, denominado **fluxo de trabalho**. Este fluxo refere-se ao conjunto de operações realizadas por cada equipe no canteiro de obras. A operação, neste contexto, refere-se ao trabalho realizado por equipes ou máquinas. [...] É interessante salientar que algumas operações podem estar fora do fluxo de materiais, como, por exemplo, manutenção de equipamentos, limpeza, etc. Por outro lado, algumas atividades do

processo não envolvem operações, como é o caso da espera (estocagem) de materiais.

Figura 9 – Produção como rede de processos e operações



(fonte: ISATTO et al., 2000, p. 10)

4.2 MODELO DOS FATORES

O modelo dos fatores foi criado quando Thomas e Yiakoumis⁴ (1987 apud ARAÚJO, SOUZA, 2001, p. 5, grifo do autor) "[...] propuseram um modelo de medição e análise da produtividade da mão de obra voltado exclusivamente para a Indústria da Construção Civil, denominado **Modelo dos Fatores**". Araújo e Souza (2001, p. 5) destacam também que o modelo "[...] se diferencia de outros modelos em vários aspectos, dentre os quais cita-se o foco na produtividade no nível da equipe de trabalhadores, considerando o efeito da curva de aprendizagem e incluindo vários outros fatores que podem ser mensurados."

A teoria por trás do Modelo dos Fatores é de que existe uma curva de produtividade de referência, que não sofre interferências de outros agentes, e que à ela pode-se somar variações causadas por um determinado número de fatores de forma a se obter a curva real de produtividade. Essa última curva, pode ter uma forma bastante irregular e de difícil interpretação, por isso é necessário o estudo de como cada fator afeta a produtividade

⁴ THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 113, n. 4, p. 623-639, 1987.

(THOMAS; YIAKOURIS⁵ 1987 apud ARAÚJO, SOUZA, 2001, p. 5). Para Araújo e Souza (2001, p. 4, grifo dos autores) o modelo apresenta as seguintes características:

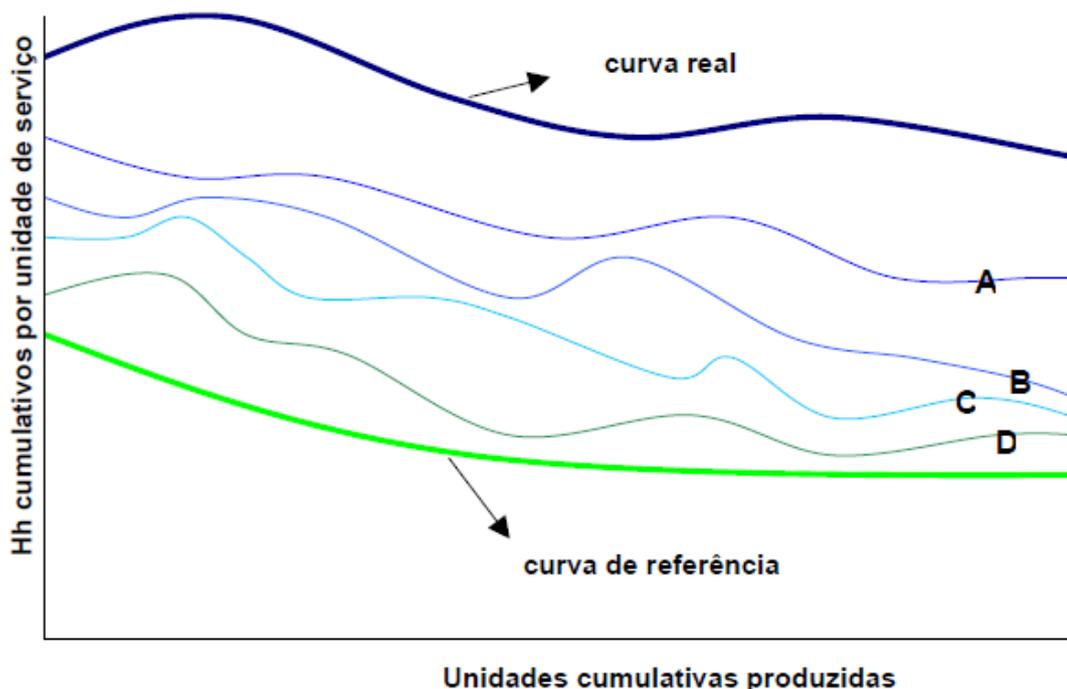
- a) **barato**: o sistema de mensuração é de fácil implementação e apresenta baixos custos de implantação;
- b) **simples**: os dados requeridos são poucos e apresentam facilidade na coleta em campo;
- c) **rápido**: a retroalimentação é rápida, de forma que as ações corretivas podem ser tomadas mesmo durante atividades de curta duração;
- d) **comparativo**: informações e dados coletados, analisados e estudados possibilitam a comparação entre diferentes empreendimentos;
- e) **apurado**: os resultados refletem o que está ocorrendo.

A figura 10 apresenta o modelo, e tem nela representado os seguintes itens (ARAÚJO, SOUZA, 2001, p. 5, grifo dos autores):

- a) **curva real**: representa um resultado hipotético de uma medição efetuado em campo;
- b) **curvas A, B, C e D**: representam curvas de produtividade de um determinado serviço, obtidas a partir da sucessiva subtração, com relação à produtividade real, dos efeitos induzidos pelas condições A, B, C e D, distintas da situação de referência (A, B, C e D são fatores genéricos);
- c) **curva de referência**: mostra a produtividade obtível caso não houvesse influência de fatores que diferem da condição de referência. Há que se ressaltar que podem existir fatores influenciadores que incidam positivamente ou negativamente sobre a produtividade, possibilitando a existência de curvas de produtividade reais situadas abaixo da curva de referência.

⁵ THOMAS, H. R.; YIAKOURIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 113, n. 4, p. 623-639, 1987.

Figura 10 – Modelo dos Fatores



(fonte: THOMAS; YIAKOUMIS⁶, 1987 apud ARAÚJO; SOUZA, 2001, p. 5)

4.3 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

A medição da produtividade da mão de obra é de fundamental importância para servir de base para tomada de ações de melhoria significativas num sistema produtivo. Ela também pode servir de indicador para avaliar o desempenho de uma empresa. No entanto, esses indicadores, muitas vezes não são claros e precisos, podendo variar drasticamente de acordo com os parâmetros utilizados (SOUZA, 2000, p. [1-2]). O mesmo autor ainda ressalta que "O estudo da produtividade da mão de obra é [...] uma análise de produtividade física de um dos recursos utilizados no processo produtivo, qual seja, a mão de obra."

4.3.1 Mensuração da produtividade da mão de obra

Para medir a produtividade, "[...] a forma mais direta [...] diz respeito a quantificação da mão de obra necessária (expressa em homens-hora demandados) para se produzir uma unidade de saída em estudo (por exemplo, um metro quadrado de revestimento de argamassa de

⁶ THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, v. 113, n. 4, p. 623-639, 1987.

fachada)." (SOUZA, 2000, p. [2]). Nesse caso, utiliza-se o indicador chamado RUP: razão unitária de produção que é calculado pela fórmula 1:

$$\text{RUP} = \text{Hh} / \text{m}^2 \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

RUP = razão unitária de produção.

Hh = Homens hora demandados.

m² = metros quadrados executados.

Souza e Araújo (2001, p [4],[6]) indicam que a RUP pode ser obtida de maneiras diferentes conforme o intervalo de tempo que se utiliza, e que cada forma tem uma utilidade diferente para a gestão da obra. São elas:

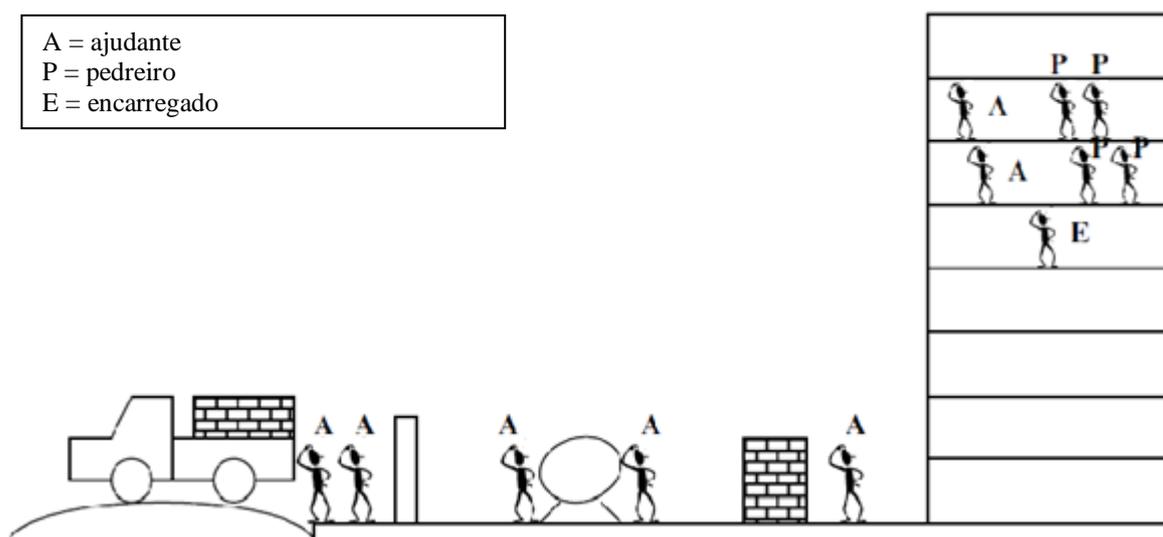
- a) **RUP diária:** calculada utilizando um intervalo de tempo de um dia. Não demonstra pequenas falhas de gestão, mas torna bastante visível o efeito de anormalidades, como a falta de material ou a quebra de um equipamento;
- b) **RUP cumulativa:** calculada somando a quantidade de serviço executada em cada dia e dividindo pelo somatório de homens-hora demandadas a cada dia. Demonstra a produtividade média da empresa, levando em conta tanto dias bons quanto, ruins. Pode ser comparada à RUP potencial para se medir o ônus da produtividade da mão de obra em relação a um nível ideal de desempenho;
- c) **RUP potencial:** não é calculada à partir de um intervalo de tempo, mas sim considerando a mediana das RUP diárias inferiores a RUP cumulativa ao final do período de estudo. Demonstra o valor que poderia ser alcançado não havendo problemas de gestão.

Assim como a RUP pode variar em função do intervalo de tempo que se considera, outro fator importante de se definir é quais equipes serão consideradas ao medir a produtividade de um determinado serviço. Pode-se considerar somente o trabalhador que está executando o serviço, a equipe direta (trabalhador mais serventes), a equipe direta e a de apoio, e assim por diante, até chegar na gerência da obra. Em função das equipes consideradas, a RUP pode variar mais de 200% entre a maior e a menor, para uma mesma medição (mesma quantidade executada) (SOUZA, 2000, p. [3-4]).

A figura 11 representa de forma esquemática as diferentes equipes que poderiam ser consideradas. Nela existem duas equipes atuando diretamente nos serviços (dois pedreiros e

um ajudante), uma em cada andar, uma equipe de apoio (3 ajudantes), que faz argamassa e envia os materiais para os andares, uma equipe de apoio geral (dois ajudantes) e um encarregado (SOUZA, 2000, p. [3]).

Figura 11 – Representação esquemática das equipes envolvidas direta e indiretamente na execução de um serviço



(fonte: SOUZA, 2000, p. [3])

4.3.2 Fatores que influenciam na produtividade da mão de obra

Thomas e Smith⁷ (1990 apud ARAÚJO; SOUZA, 2001, p. 8-9) separam os fatores que influenciam a produtividade em dois grandes grupos: o conteúdo do trabalho e o contexto do trabalho. O primeiro, diz respeito ao que precisa ser feito, são os aspectos físicos, as exigências dos clientes e as características de projeto. O segundo, refere-se às características do ambiente de trabalho, como ele é organizado e gerenciado, incluindo disponibilidade de materiais e equipamentos, sequência de trabalhos, etc.

Alguns fatores têm influência maior na eficiência de um processo do que outros, e podem ser relacionados tanto ao conteúdo quanto ao contexto do trabalho em execução. Para o serviço de alvenaria, foram identificados cinco fatores classificados da seguinte forma (ARAÚJO; SOUZA, 2001, p. 9-10):

⁷ THOMAS, H. R.; SMITH, G. R. Loss of construction labor productivity due to inefficiencies and disruptions: the weight of expert. State College, Pennsylvania Transportation Institute Report, 1990.

- a) **características do produto:** pela característica da construção civil de apresentar produtos (obras) não uniformes, pois cada projeto costuma ser diferente do outro, entender e estudar bem o projeto é requisito básico para se analisar os dados de produtividade. Características como localização e geometria das paredes são possíveis fatores fortemente influentes no caso da execução de alvenaria;
- b) **materiais e componentes:** são várias as possibilidades de combinação de materiais para a execução de alvenaria. Sendo assim, há várias maneiras de se executar o mesmo serviço, tornando os materiais constituintes um fator importante para a produtividade;
- c) **equipamentos e ferramentas:** semelhante aos materiais, são diversos os equipamentos e ferramentas disponíveis para se executar um mesmo serviço. Dessa forma, a produtividade pode variar bastante em função daquilo que se tem disponível;
- d) **mão de obra:** a definição do tamanho e da composição das equipes tem papel fundamental na produtividade. Não existe uma regra que defina a equipe ideal para cada serviço, causando assim uma variabilidade grande quanto a produtividade;
- e) **organização da produção:** refere-se principalmente ao contexto do trabalho, se tratando da organização da produção e o fluxo de trabalho dentro da obra. A possibilidade de influenciar a produtividade neste aspecto é enorme, visto que existem inúmeras maneiras de encadear essa organização da produção.

5. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA ESTUDADA

Para embasar as análises propostas por esse trabalho, foi necessário utilizar uma obra como objeto de estudo. Neste capítulo é caracterizado o empreendimento, as equipes de trabalho envolvidas na execução da alvenaria estrutural e também as particularidades desse serviço.

5.1 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento escolhido para este estudo é um condomínio residencial de interesse social, financiado pelo programa Minha Casa, Minha Vida, e situado na cidade de Canoas, RS. É constituído por 11 torres e possui também dois salões de festas, áreas de lazer e estacionamento. A figura 12 demonstra a visualização geral do empreendimento além da denominação das torres utilizadas neste trabalho.

Figura 12 – Implantação do empreendimento



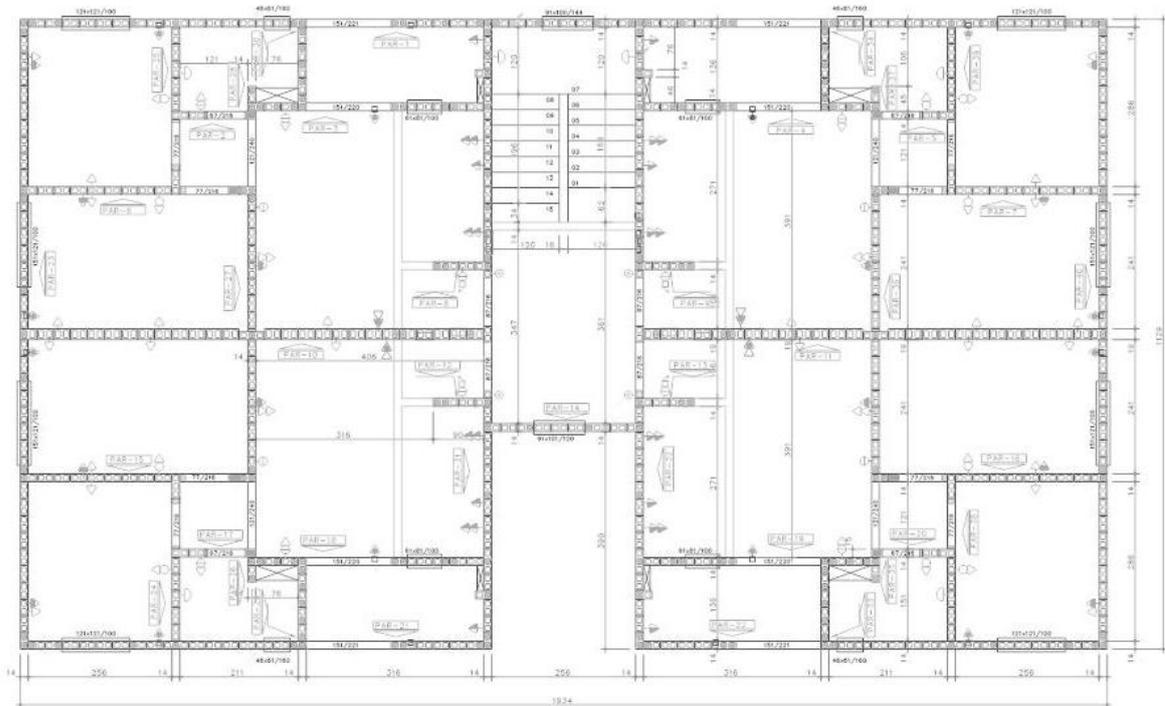
(fonte: empresa construtora)

Cada torre é composta por cinco pavimentos com quatro apartamentos por andar, de acordo com a planta baixa do pavimento (figura 13). A área de cada pavimento é de 220 m² e possui uma área bruta de alvenaria de aproximadamente 415 m², sendo líquida de 345 m².

No primeiro andar são utilizados blocos de concreto de 9 MPa, nos demais, são utilizados blocos de 6 MPa. É utilizado argamassa industrializada para o assentamento dos blocos, e ela

é misturada no andar. As lajes são pré-moldadas e são feitas vigas moldadas in loco para transpor determinados vãos sem alvenaria (figura 14)

Figura 13 – Planta baixa pavimento tipo



(fonte: empresa construtora)

Figura 14 – Vigas moldadas in-loco



(fonte: foto do autor)

5.2 EQUIPES DE TRABALHO

O empreendimento conta com mão de obra mista, sendo que apenas uma equipe de alvenaria é própria da empresa, além da equipe de gerenciamento da obra. As demais equipes de alvenaria, assim como dos outros serviços, são de empreiteiras contratadas.

5.2.1 Equipe de gerenciamento

A obra conta com um técnico em construção civil, um mestre de obras, dois estagiários e um almoxarife fixos. Todos os dias um engenheiro que circula por algumas obras passa pelo menos algumas horas nesta.

Um dos estagiários é exclusivo para o serviço de alvenaria estrutural, ocupando-se somente com a verificação e o acompanhamento do serviço, ou com algum problema encontrado pelos pedreiros. O outro se encarrega principalmente da segurança da obra e também do transporte de materiais, que é todo feito por uma empilhadeira *skytrak*. Os demais serviços são acompanhados pelo técnico em construção e o mestre da empresa.

5.2.2 Equipes de execução da alvenaria estrutural

Durante o período observado, participaram do processo de execução da alvenaria quatro equipes distintas. Uma é de mão de obra própria da empresa construtora (equipe 1), as outras três de uma única empreiteira (equipes 2, 3 e 4).

A equipe 1 trabalha com dois pedreiros e dois serventes e não houve rotatividade dos operários durante o período observado. Os serventes ficam exclusivamente na laje, tendo por funções:

- a) transportar o material no pavimento;
- b) misturar a argamassa no andar;
- c) abastecer os pedreiros;
- d) cortar os blocos com esperas para elétrica e com pontos de inspeção do grauteamento;
- e) manter o ambiente de trabalho limpo.

As equipes 2 e 3 também trabalham com dois pedreiros e dois serventes, enquanto a equipe 4 trabalha com três pedreiros e três serventes. No entanto, essas equipes podem se mesclar criando novas configurações de equipe. A equipe 3 saiu da obra no início do mês de maio por motivos externos à obra. Não houve a entrada de novos pedreiros para substituir a equipe no período observado.

O número de serventes também variou nas equipes 3 e 4 durante as observações, pois eles podiam ser deslocados para outros serviços que não o de alvenaria, a critério do técnico em construção, ou por eventuais faltas. As funções destes eram as mesmas que os da equipe 1, no entanto a equipe 4 desloca um servente no primeiro dia de elevação para, em solo, já cortar todos os blocos necessários (figura 15), enquanto todas as outras cortam os blocos, no pavimento, conforme é demandado.

Figura 15 – Corte de blocos para elétrica/inspeções



(fonte: foto do autor)

Exceto este detalhe, a única diferença na execução da alvenaria é a ordem de execução das paredes, que era determinada por cada equipe. As equipes 1 e 2 dividem o trabalho de maneira que cada pedreiro execute dois apartamentos simultaneamente, a 3 os dois trabalham executando juntos um por vez. Já a 4, enquanto dois pedreiros executam um apartamento cada

do mesmo lado do pavimento, o terceiro executa as paredes externas do outro lado do pavimento, liberando frente de trabalho para a equipe de grauteamento das contravergas.

5.2.3 Equipes e máquinas de apoio

São três as equipes de apoio para a execução da alvenaria, somente uma exclusiva do serviço. A primeira é a equipe de operadores das betoneiras, Constituída por três serventes. Outra é a de transporte de materiais, que é feito por uma skytrak (figura16). Essa última equipe é constituída unicamente pelo operador da máquina, no entanto, é um dos estagiários que coordena a liberação dos materiais para os andares. A última é a equipe de grauteamento das contravergas, constituída por três serventes treinados. É a única exclusiva da alvenaria.

Figura 16 – Skytrak transportando argamassa ao pavimento



(fonte: foto do autor)

A equipe de operadores das betoneiras mistura a argamassa da primeira fiada e o graute, que pode ser com ou sem aditivo, dependendo da aplicação. Isso para o serviço de alvenaria. Ela

ainda tem como função misturar as argamassas de revestimento argamassado interno e externo, para chapisco, concretos magros e argamassa de preenchimento de juntas entre as lajes pré-moldadas.

A skytrak é utilizada para transportar praticamente todos os materiais da obra que tenham dimensões adequadas. Para a alvenaria ela fornece principalmente os blocos e a argamassa de assentamento, mas também é utilizada para o graute e as armaduras. A utilização desse maquinário consiste num fator determinante para a produtividade do serviço, permitindo que as equipes trabalhem praticamente o tempo todo no pavimento.

Outra função que a skytrak acaba exercendo na obra é de ferramenta para controlar a produção. Como toda a liberação de materiais é feita pela estagiária que coordena a utilização da máquina, se o estagiário responsável pela alvenaria encontrar alguma parede que deve ser retrabalhada, o fluxo de materiais é interrompido até que seja feita a correção necessária. Essa é uma forma bastante efetiva encontrada pela equipe de gerenciamento da obra para não entrar em conflito direto com os pedreiros.

A última equipe de apoio, a de grauteamento das contravergas, também tem uma contribuição forte na produtividade da alvenaria. Da maneira como são executadas as paredes, essa equipe de apoio permite que os pedreiros não parem de trabalhar, visto que o grauteamento ocorre em paralelo com a execução das paredes interiores do pavimento.

5.3 EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

A empresa construtora possui procedimentos operacionais para a execução da alvenaria, os quais se assemelham muito às boas práticas recomendadas pela literatura. A seguir são descritas as etapas deste processo.

A primeira grande diferença entre as equipes está no fato de que a equipe 1, da construtora, executava cada etapa para dois apartamentos por vez (meio pavimento). As demais equipes, da empreiteira, executavam todo o andar de uma só vez.

5.3.1 Marcação e execução da primeira fiada

A execução da marcação, ilustrada na figura 17, de forma igual por todas as equipes. Ela era feita de acordo com a planta de primeira fiada, iniciando pela procura do ponto mais alto ocupado por algum bloco chave na laje, a fim de se estabelecer esse como sendo o nível dos demais blocos chave. Após isso eram assentados os demais blocos estratégicos, de canto e de encontro entre paredes, e por fim era assentada a primeira fiada, com argamassa de cimento e areia no traço de 1:3. Esta argamassa era feita na central de betoneiras e transportada até os andares pela skytrak.

Figura 17 – Marcação da primeira fiada



(fonte: foto do autor)

A conferência das dimensões das paredes era feita pelo método das cotas acumuladas pelo estagiário responsável pela alvenaria, que também verificava (figura 18) os demais requisitos do produto. Só após o aval desse, se passava para a próxima etapa.

Figura 18 – Verificação da primeira fiada



(fonte: foto do autor)

5.3.2 Elevação da alvenaria até a nona fiada

Todas as equipes iniciam pelas paredes externas, para que se possa grautear as contravergas o quanto antes, a fim de não se parar a produção. Apesar disso, existem diferentes ordens de elevação das paredes, como comentado na seção 5.2.2.

São utilizadas palhetas para fazer as juntas horizontais e as colheres de pedreiro para as verticais. O preenchimento dos vãos entre castelinhos é feito com auxílio da linha de nível. A argamassa de assentamento é industrializada e misturada no andar, como já comentado, e o transporte no pavimento é feito com carrinho tipo coca-cola. A execução segue a seguinte sequência:

- a) inicia-se pelas paredes externas, construindo castelinhos nos cantos e encontro de paredes e depois preenchendo os vãos;
- b) com as paredes externas até a altura do peitoril das janelas, passa-se para as paredes internas, seguindo o mesmo procedimento das anteriores. Paralelamente, a equipe de apoio coloca as armaduras e grauteia as contravergas;
- c) toda a alvenaria é executada até a nona fiada. No final, os serventes já começam a montar os andaimes para os pedreiros;
- d) a alvenaria é conferida pelo estagiário responsável.

5.3.3 Elevação da alvenaria até a cinta de amarração

Após a liberação do estagiário, é iniciada a elevação até a 13ª fiada de alvenaria, ou cinta de amarração. Todo o processo é muito parecido com a etapa anterior, com a desvantagem de se trabalhar em cima de andaimes, o que torna o pedreiro muito mais dependente do servente, podendo acarretar em perdas de produtividade do serviço. A sequência de execução é esta:

- a) eleva-se a alvenaria das paredes externas até a 13ª fiada, com exceção das paredes com vãos, que só vai até a 12ª, sendo esta a verga. A execução, assim como as fiadas iniciais, começa pelos castelinhos e depois se preenche o meio;
- b) executa-se as paredes internas seguindo os mesmos passos. Enquanto isso a equipe de apoio grauteia as vergas;
- c) por fim, são colocadas as canaletas que faltavam, acima dos vãos de janelas e portas e já são deixadas as armaduras nos pontos de graute e nas vergas;
- d) o estagiário confere a qualidade da alvenaria pronta. Se não encontrar nada que deva ser retrabalhado, o serviço de elevação da alvenaria é dado como concluído.

É importante ressaltar que, apesar do serviço de elevação ser dado como concluído, ainda faltam algumas etapas para o pavimento estar realmente acabado. Após todo o processo descrito, entram as equipes de elétrica e hidráulica, para passar as tubulações necessárias antes do grauteamento. Depois se grauteia os pontos necessários e as vergas, e por fim se executam as vigas moldadas *in loco*.

5.4 CONDIÇÕES DO CANTEIRO E ESTOQUES DE MATERIAIS

Na obra estudada, apesar de sempre existir espaço para melhorias, há uma grande preocupação em manter o canteiro de obras organizado. É claro que o tamanho do terreno, relativamente grande, e a utilização de uma skytrak contam muito para permitir que essa organização ocorra.

Todos os materiais têm seus locais de armazenamento bem definidos, geralmente perto de onde vão ser utilizados, e não prejudicam a passagem nem dos operários nem da máquina. A central de betoneiras, central de ferragens e central de armazenamento de argamassa de assentamento são bem localizadas, com passagem facilitada para a skytrak pegar os materiais.

Existe também um local de armazenamento dos blocos, o estoque da obra. No entanto na frente de cada torre onde se está executando alvenaria, os mesmos são estocados, em um número previsto de pallets a serem consumidos. A figura 19 ilustra este armazenamento.

Figura 19 – Blocos armazenados na frente da torre



(fonte: foto do autor)

6. COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi feita com visitas diárias à obra estudada. Antes das visitas, porém, foi necessário encontrar um método de coleta e planejar a rotina de observações. Neste capítulo é relatado o método adotado e como se procederam as observações.

6.1 MÉTODO DE COLETA DE DADOS

A característica mais importante buscada no método de coleta de dados é a praticidade, sem prejudicar a eficiência. Não adiantaria passar horas coletando dados para produzir indicadores e incorrer num custo maior que o benefício trazido por eles.

Neste contexto, Carraro e Souza (1998, p. 294) recomendam o uso dos projetos arquitetônicos dos quais se está elevando as paredes, de maneira a se marcar para cada uma o número de fiadas que já foram executadas com canetas de cores diferentes. No trabalho, ao invés dos próprios projetos foram utilizadas plantas-baixa impressas em folhas tamanho ofício. Para cada dia era utilizada uma folha por pavimento que estava se executando, com informações da data, bloco e andar executado. A figura 20 é um exemplo das plantas utilizadas.

Além do projeto do pavimento, ainda foi utilizado uma planilha de levantamento de dados (figura 21). Cada pavimento possui uma que é preenchida conforme as observações. Nela eram anotados o número de pedreiros, número de serventes, as horas trabalhadas, temperatura média e condições climáticas e foi reservado um espaço para observações gerais, que devem ser mais detalhadas possível.

Não se conseguiu observar os efeitos tanto da temperatura média quanto das condições climáticas. A temperatura média variou muito pouco durante o período observado, ficando na faixa dos 18 °C aos 22 °C na maioria dos dias, não permitindo, portanto uma análise apropriada. As condições climáticas foram classificadas como bom ou ruim, sendo ruim nos dias que ocorreu chuva por um período dentro da jornada de trabalho, ou com ventos muito fortes. Houveram pouquíssimas observações desses casos também.

6.2 ROTINA DE VISITAS À OBRA

Nos três primeiros dias se passou um tempo maior no canteiro, a fim de se observar a dinâmica da obra. Esse período também foi aproveitado para combinar com o estagiário e o responsável pela obra como seria feita a coleta de dados, a fim de ser precisa e, ao mesmo tempo, não atrapalhar o andamento da construção.

As coletas eram todas feitas no início da manhã, por volta das 8h, e se excluía as fiadas “frescas”. Dessa forma, a intenção era obter as fiadas acabadas no dia anterior. Calculando a diferença entre duas observações se concluiu quanto havia sido produzido no dia anterior à última coleta.

Durante o período de observação, conseguiu-se acompanhar a execução da alvenaria de dez pavimentos. No quadro 6, estão organizados o pavimento, a equipe que o executou e as datas de início e conclusão dos mesmos.

Quadro 6 – Organização dos levantamentos

Torre	Pavimento	Equipe	Início	Término
B	5	2 e 3	19/03/2013	01/04/2013
C	4	4	19/03/2013	27/03/2013
C	5	2	03/05/2013	16/05/2013
D	4	1	02/04/2013	18/04/2013
D	5	1	07/05/2013	22/05/2013
E	3	4	01/04/2013	08/04/2013
E	4	4	30/04/2013	07/05/2013
G	1	3	18/03/2013*	22/03/2013
G	2	3 e 4	15/04/2013	19/04/2013
G	3	4	08/05/2013	15/05/2013

* a observação teve início com a alvenaria já parcialmente executada

(fonte: elaborado pelo autor)

Cada visita durava de 30 a 60 minutos, dependendo do número de pavimentos sendo executados. No final se conversava com o estagiário exclusivo da alvenaria, que fazia o registro dos acontecimentos da obra no diário de obras, para obter as informações necessárias para a análise dos dados referentes ao dia anterior. O estagiário fica em tempo integral na obra. As perguntas eram referentes a:

- a) paradas no serviço, podendo ser essas por falta de material, condições climáticas ou problemas na execução;
- b) efetivo que trabalhou na equipe. Durante as observações só foi alterado o número de serventes das equipes;
- c) retrabalhos necessários depois da verificação da qualidade da alvenaria pronta.

6.3 DADOS DE ENTRADA

Com o método e a rotina de coleta de dados adotada, a produção de alvenaria diária é facilmente encontrada subtraindo-se as fiadas, que eram anotadas na planta-baixa impressa, de cada parede encontradas num dia, pelas do dia anterior. Em relação às equipes de trabalho e o tempo trabalhado, Souza (2000, p. [3-4]) ressalta que se deve tomar muito cuidado com os critérios adotados para esses fatores.

6.3.1 Critérios adotados para as equipes de trabalho

Quanto às equipes de trabalho, foi considerada somente a equipe direta de execução. Como mostrado no Capítulo 5, na seção de equipes de apoio, não havia uma equipe de apoio exclusiva da alvenaria, o que torna a mensuração do tempo utilizado dessas equipes, para este serviço, muito complicada.

É importante ressaltar que uma possível influência negativa das equipes de apoio praticamente não foi notada. A equipe que fazia a argamassa para o assentamento da primeira fiada conseguiu alimentar o processo satisfatoriamente sempre que foi necessitada. Em relação à skytrak, utilizada para transportar os blocos e os sacos de argamassa do solo aos pavimentos, o único comentário foi que eventualmente ela era requisitada por várias equipes simultaneamente e uma delas acabava por ficar não mais que 15 minutos sem material. Esse fato foi comentado três vezes durante o período observado. Por se tratar de um tempo tão

pequeno, foi considerado irrelevante. Sendo assim, não houve restrição à produção associada com equipes externas.

6.3.2 Critério adotado para o tempo de trabalho

O tempo de trabalho foi adotado como sendo todo o tempo que a equipe estava disponível para execução do serviço. Sendo assim, as únicas paradas descontadas da jornada de trabalho foram advindas de chuvas ou outros fatores que não podiam ser controlados pela empresa e que impedissem a equipe de trabalhar. Esses casos foram devidamente registrados na planilha de levantamento de dados .

É necessário ressaltar que não foi feita nenhuma diferenciação entre as horas trabalhadas de diferentes funções. Tanto pedreiros quanto serventes são considerados de igual forma nos dados da produtividade.

6.4 INDICADORES DE PRODUTIVIDADE

Utilizando os dados da produção de alvenaria levantados era possível, junto com as informações constantes na planilha de levantamento de dados, do efetivo de cada equipe e do tempo trabalhado, calcular as RUP de cada equipe, que são os indicadores de produtividade delas. Também foram calculadas as RUP levando em conta somente os pedreiros, a fim de se estabelecer uma relação entre a produtividade da equipe e a razão de pedreiros e serventes. Esta comparação se tornou bastante interessante, pois o número dos últimos variou várias vezes durante as observações, para uma mesma equipe.

Existem outros detalhes considerados na obtenção das RUP, quanto a área de alvenaria produzida, que devem ser ressaltados. São eles:

- a) a área de alvenaria considerada foi a líquida. Portando, a área de vãos foi desconsiderada gradativamente, em função do número de fiadas executadas;
- b) a área de castelinhos executados era transformada em área de fiadas equivalentes para a medição ficar de acordo com o método utilizado. Dessa maneira, a dificuldade de execução é desconsiderada (é mais fácil executar uma mesma área de alvenaria assentando várias carreiras de bloco do que um castelinho), o que pode ser um ponto importante na produtividade.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir das planilhas de dados, foram feitos gráficos contendo as RUP diárias, cumulativas e potenciais. As RUP diárias podem ser analisadas a fim de se encontrar informações sobre os fatores que afetaram o trabalho e permite a identificação de anormalidades na produtividade. Seu cálculo é feito dividindo os homens-hora utilizados pela produção de alvenaria no dia.

As RUP cumulativas são calculadas dividindo os homens-hora totais utilizados nos dias de medição pela produção acumulada. Com elas podemos ter uma visão da produtividade das equipes num prazo maior, sendo ideais para previsões do andamento da obra. Foi feito o cálculo da RUP cumulativa tanto para os pavimentos isoladamente, quanto considerando toda a produção da equipe no período, tornando-se essa uma RUP cumulativa que representa a média do período.

A RUP potencial pode ser utilizada como uma meta considerando um bom desempenho. Para calculá-la, pega-se todas as RUP diárias com valores abaixo da RUP cumulativa e ordena-se elas de maneira crescente. O valor central desse conjunto, a mediana dele, é a RUP potencial. Caso seja um número par de valores nesse grupo, a mediana é a média dos dois valores centrais. Por exemplo, se numa observação de 10 dias, cinco obtiverem uma RUP diária menor que a cumulativa, considerando uma ordem de menor para o maior, o terceiro termo será a RUP potencial. Se fossem somente quatro valores abaixo da RUP cumulativa, a RUP potencial seria a média entre o segundo e o terceiro termo. Utilizando ela e a RUP cumulativa, pode-se estabelecer um indicador de perda de produtividade da mão de obra.

Inicialmente, os dados foram separados por pavimento, para depois juntar todos os pavimentos executados por uma mesma equipe numa única planilha. Para essa foram feitas duas versões, uma analisando em conjunto toda a produção da equipe, como exemplificado na figura 22, e a outra uma vez para cada pavimento (figura 23). Neste capítulo estão os gráficos das produtividades de cada equipe, que serão analisadas a seguir. Também consta uma análise da variação do número de serventes na equipe, assim como da mistura de duas equipes num mesmo pavimento.

Figura 22 – exemplo de planilha de produtividade de uma equipe (equipe 1)

Produtividade Equipe 1																	
Dia	Bloco	Andar	Quant. (m2)	horas trab.	Pedreiros	Serventes	Temp. média	Condições climáticas	H.h. Extras	RUP diária equipe	RUP cumulativa Equipe	RUP potencial equipe	RUP potencial equipe	RUP diária pedreiros	RUP cumulativa Pedreiros	RUP potencial Pedreiros	Observações
03/abr	D	4	35,10	8,5h	2	2	28,5	Bom	0	0,969	0,969	0,826	0,826	0,484	0,484	0,404	
04/abr	D	4	23,82	8,5h	2	2	26	Bom	0	1,428	1,154	0,826	0,826	0,714	0,577	0,404	
05/abr	D	4	31,91	8,5h	2	2	27	Bom	0	1,066	1,123	0,826	0,826	0,533	0,562	0,404	
08/abr	D	4	27,70	8,0h	2	2	21	Bom	0	1,155	1,131	0,826	0,826	0,578	0,565	0,404	
09/abr	D	4	28,87	8,5h	2	2	22	Bom	0	1,178	1,140	0,826	0,826	0,589	0,570	0,404	
10/abr	D	4	13,76	4,5h	2	2	23,5	Bom	0	1,309	1,154	0,826	0,826	0,654	0,577	0,404	1
12/abr	D	4	44,00	8,5h	2	2	21,5	Bom	0	0,773	1,072	0,826	0,826	0,386	0,536	0,404	
15/abr	D	4	30,73	8,5h	2	2	20	Bom	0	1,106	1,077	0,826	0,826	0,553	0,538	0,404	
16/abr	D	4	35,34	8,5h	2	2	18,5	Bom	0	0,962	1,062	0,826	0,826	0,481	0,531	0,404	
17/abr	D	4	19,85	8,5h	2	2	18	Bom	0	1,713	1,106	0,826	0,826	0,856	0,553	0,404	
18/abr	D	4	36,17	8,5h	2	2	19,5	Bom	0	0,940	1,088	0,826	0,826	0,470	0,544	0,404	
08/mai	D	5	45,48	8,5h	2	2	15	Bom	0	0,748	1,046	0,826	0,826	0,374	0,523	0,404	
09/mai	D	5	27,70	8,5h	2	2	17,5	Bom	0	1,228	1,059	0,826	0,826	0,614	0,529	0,404	
10/mai	D	5	32,67	8,5h	2	2	19,5	Bom	0	1,041	1,058	0,826	0,826	0,520	0,529	0,404	
13/mai	D	5	49,89	8,5h	2	2	19,5	Bom	34	1,363	1,089	0,826	0,826	0,681	0,545	0,404	2
15/mai	D	5	48,79	8,5h	2	2	21	Bom	0	0,697	1,053	0,826	0,826	0,348	0,527	0,404	
16/mai	D	5	24,90	8,5h	2	2	13	Bom	0	1,366	1,067	0,826	0,826	0,683	0,534	0,404	
17/mai	D	5	42,13	8,5h	2	2	12,5	Bom	0	0,807	1,049	0,826	0,826	0,404	0,524	0,404	
20/mai	D	5	22,49	8,5h	1	1	18	Bom	0	0,756	1,038	0,826	0,826	0,378	0,519	0,404	3
21/mai	D	5	20,11	8,5h	1	1	17,5	Bom	0	0,845	1,032	0,826	0,826	0,423	0,516	0,404	3
22/mai	D	5	12,37	8,5h	1	1	14	Bom	0	1,375	1,039	0,826	0,826	0,687	0,519	0,404	3
Observações																	
1 Terminaram meio pavimento até as 12h, iniciaram a marcação da outra metade no período da tarde																	
2 Equipe trabalhou sábado com horário normal (8,5h)																	
3 Pedreiro não pôde comparecer																	

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 23 – exemplo de planilha de produtividade de uma equipe separada por pavimento (equipe 1)

Dia	Bloco	Andar	Quant. (m2)	horas trab.	Pedreiros	Serventes	Temp. média	Condições climáticas	H.h. Extras	RUP diária equipe	RUP cumulativa Equipe	RUP potencial equipe	RUP potencial equipe	RUP diária pedreiros	RUP cumulativa Pedreiros	RUP potencial Pedreiros	Observações
03/abr	D	4	35,10	8,5h	2	2	28,5	Bom	0	0,969	0,969	0,826	0,826	0,484	0,484	0,404	
04/abr	D	4	23,82	8,5h	2	2	26	Bom	0	1,428	1,154	0,826	0,826	0,714	0,577	0,404	
05/abr	D	4	31,91	8,5h	2	2	27	Bom	0	1,066	1,123	0,826	0,826	0,533	0,562	0,404	
08/abr	D	4	27,70	8,0h	2	2	21	Bom	0	1,155	1,131	0,826	0,826	0,578	0,565	0,404	
09/abr	D	4	28,87	8,5h	2	2	22	Bom	0	1,178	1,140	0,826	0,826	0,589	0,570	0,404	
10/abr	D	4	13,76	4,5h	2	2	23,5	Bom	0	1,309	1,154	0,826	0,826	0,654	0,577	0,404	1
12/abr	D	4	44,00	8,5h	2	2	21,5	Bom	0	0,773	1,072	0,826	0,826	0,386	0,536	0,404	
15/abr	D	4	30,73	8,5h	2	2	20	Bom	0	1,106	1,077	0,826	0,826	0,553	0,538	0,404	
16/abr	D	4	35,34	8,5h	2	2	18,5	Bom	0	0,962	1,062	0,826	0,826	0,481	0,531	0,404	
17/abr	D	4	19,85	8,5h	2	2	18	Bom	0	1,713	1,106	0,826	0,826	0,856	0,553	0,404	
18/abr	D	4	36,17	8,5h	2	2	19,5	Bom	0	0,940	1,088	0,826	0,826	0,470	0,544	0,404	
08/mai	D	5	45,48	8,5h	2	2	15	Bom	0	0,748	1,046	0,826	0,826	0,374	0,523	0,404	
09/mai	D	5	27,70	8,5h	2	2	17,5	Bom	0	1,228	1,059	0,826	0,826	0,614	0,529	0,404	
10/mai	D	5	32,67	8,5h	2	2	19,5	Bom	0	1,041	1,058	0,826	0,826	0,520	0,529	0,404	
13/mai	D	5	49,89	8,5h	2	2	19,5	Bom	34	1,363	1,089	0,826	0,826	1,022	0,546	0,404	2
15/mai	D	5	48,79	8,5h	2	2	21	Bom	0	0,697	1,053	0,826	0,826	0,348	0,527	0,404	
16/mai	D	5	24,90	8,5h	2	2	13	Bom	0	1,366	1,037	0,826	0,826	0,683	0,519	0,404	
17/mai	D	5	42,13	8,5h	2	2	12,5	Bom	0	0,807	1,002	0,826	0,826	0,404	0,501	0,404	
20/mai	D	5	22,49	8,5h	1	1	18	Bom	0	0,756	1,038	0,826	0,826	0,378	0,491	0,404	3
21/mai	D	5	20,11	8,5h	1	1	17,5	Bom	0	0,845	1,032	0,826	0,826	0,423	0,487	0,404	3
22/mai	D	5	12,37	8,5h	1	1	14	Bom	0	1,375	1,039	0,826	0,826	0,687	0,495	0,404	3
Observações																	
1 Terminaram meio pavimento até as 12h, iniciaram a marcação da outra metade no período da tarde																	
2 Equipe trabalhou sábado com horário normal (8,5h)																	
3 Pedreiro não pôde comparecer																	

(fonte: elaborado pelo autor)

7.1 ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA EQUIPE 1

A equipe 1, a única de mão de obra própria da construtora, executou no período observado dois pavimentos, o quarto e o quinto andar da torre D. para o primeiro foram necessários 11 dias de trabalho, já para o segundo 10.

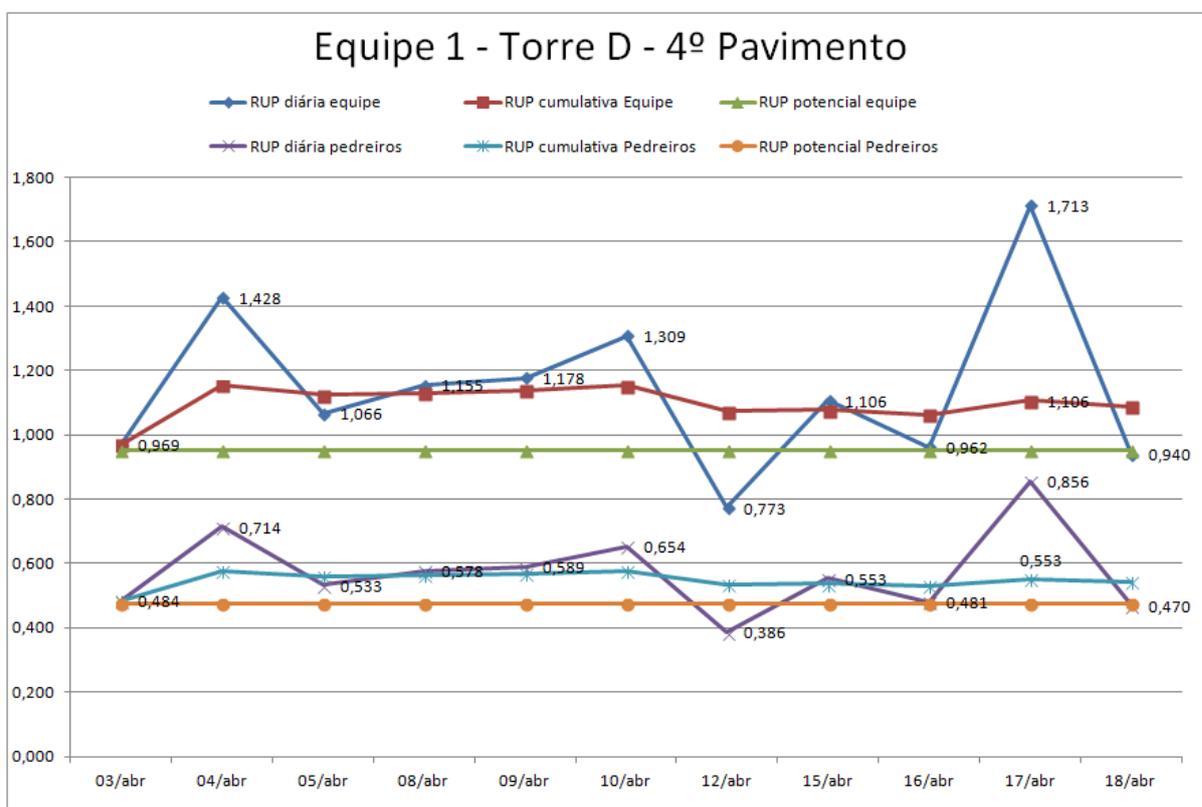
7.1.1 Produtividade do quarto pavimento – torre D

O quarto andar teve a marcação iniciada no segundo dia de abril e a alvenaria foi concluída no dia 18 do mesmo mês. Em nenhum momento da execução do serviço houveram condições climáticas que pudessem atrapalhar o trabalho, de maneira que a equipe não sofreu nenhuma influência de fatores externos à obra.

Nesse pavimento o melhor rendimento da equipe se deu no dia 12 de abril, com uma RUP de 0,773, como exposto no gráfico da figura 24. Nesse dia os pedreiros estavam iniciando a segunda metade do pavimento, correspondente aos apartamentos de numeração ímpar. O dia menos produtivo se deu no dia 17 de abril, penúltimo dia de trabalho no pavimento. A RUP resultante foi de 1,713, mais que o dobro da RUP mais baixa. Esse valor elevado provavelmente foi devido a subida nos andaimes que ocorreu nesse dia.

Para esse pavimento a RUP cumulativa foi de 1,088 e a potencial de 0,951. Como a equipe se manteve constante, as RUP relativas aos pedreiros acompanharam as da equipe inteira.

Figura 24 – RUP equipe 1 – 4º Pavimento, torre D



(fonte: elaborado pelo autor)

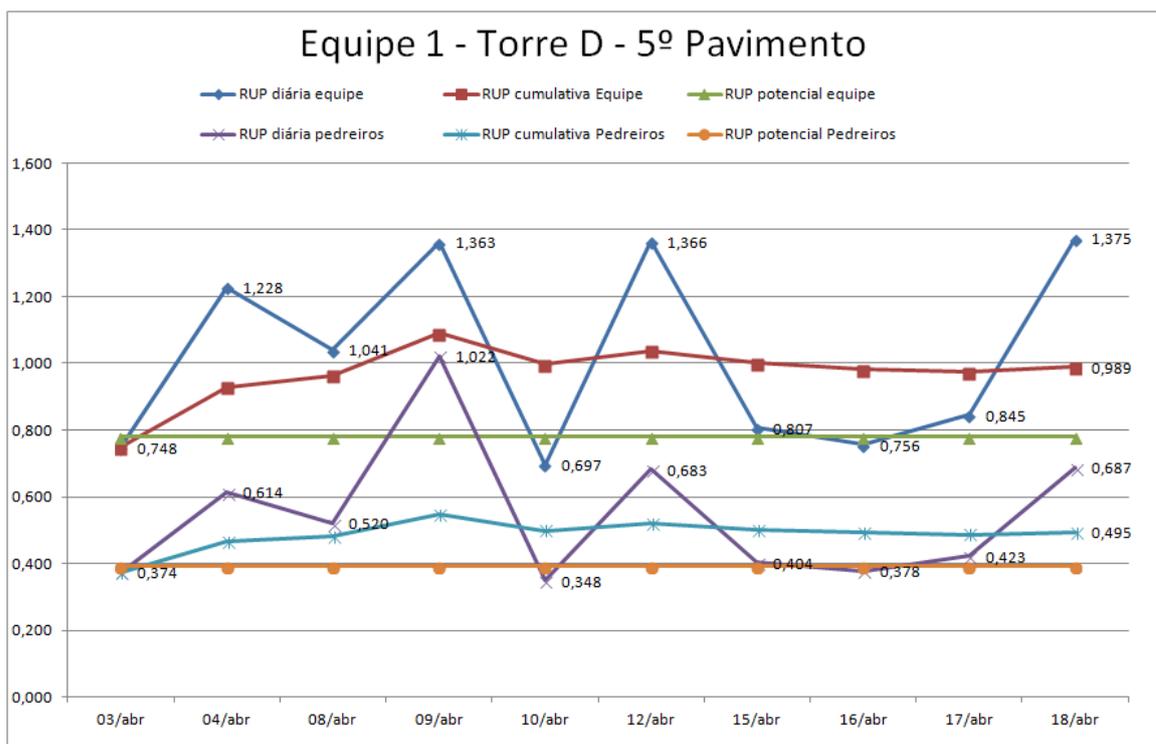
7.1.2 Produtividade do quinto pavimento – torre D

O quinto pavimento da torre D teve o levantamento de sua alvenaria iniciado no dia 8 de maio e foi concluído no dia 22 de maio. Não houveram interferências climáticas, mas um pedreiro teve de faltar nos três últimos dias, prejudicando a produção e atrasando o término do pavimento, que provavelmente seria concluído em menos do que os 10 dias que levou.

A melhor RUP nesse pavimento foi de 0,697, no dia em que se iniciou a segunda metade, e a pior foi de 1,375, no último dia de trabalho no andar. Essa piora possivelmente foi em função da desmobilização do serviço, que foi feita somente por um servente e um pedreiro.

Mesmo assim, a equipe obteve um desempenho melhor nesse pavimento, visto que sua RUP cumulativa foi de 0,989 e a potencial foi de 0,781. Essa melhora pode ser atribuída a dois fatores. A motivação dos funcionários, visto que, entre a execução do quarto e do quinto pavimento, o engenheiro teve uma conversa com os trabalhadores cobrando uma maior agilidade, pois eram a pior equipe da obra até o momento (ao término do quarto pavimento), e também a um efeito de aprendizagem, visto que esse foi somente o quinto pavimento a ser executado pela equipe. A figura 25 apresenta o gráfico com as RUP desse pavimento.

Figura 25 – RUP equipe 1 – 5º Pavimento, torre D



(fonte: elaborado pelo autor)

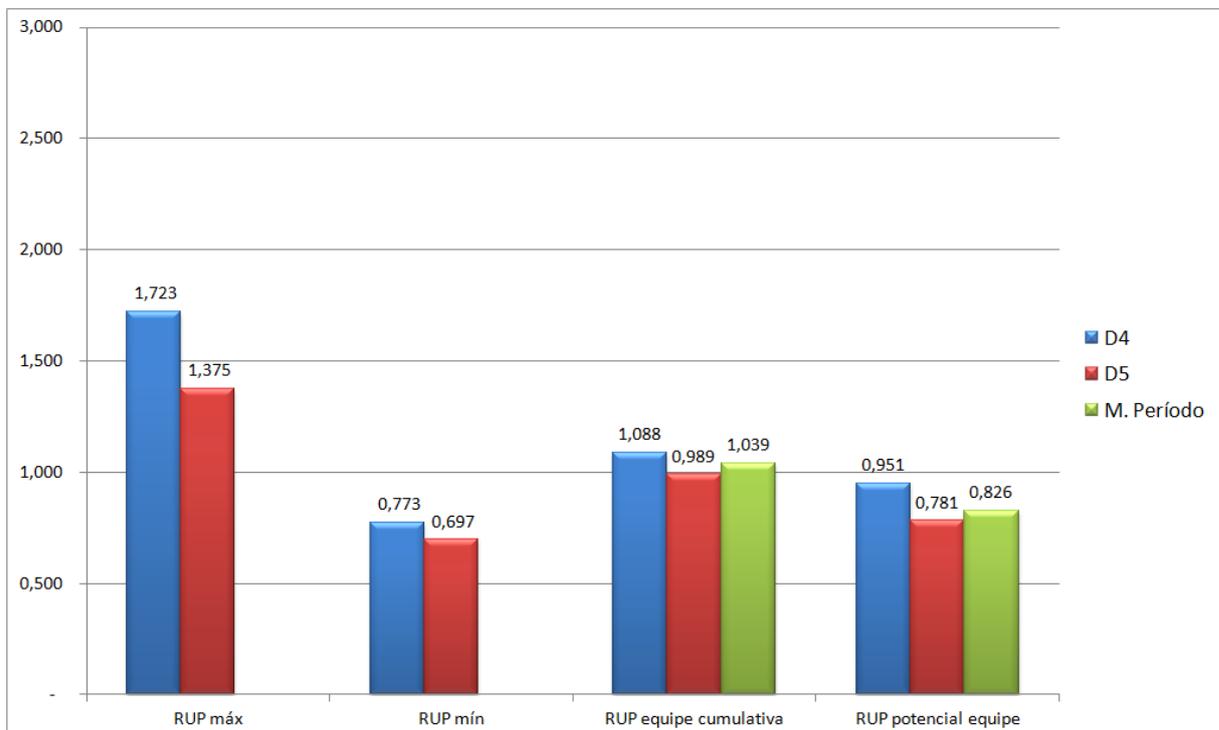
7.1.3 Produtividade geral – equipe 1

No período observado, a equipe 1 executou dois pavimentos, o que totaliza uma área de alvenaria líquida de 653 m². Considerando o período como um todo, a RUP cumulativa da equipe foi de 1,039, com uma potencial de 0,826.

Dessa maneira, a RUP cumulativa do quarto pavimento foi 4,72% maior que a do média do período, e a do quinto foi 4,81% inferior a média do período. A figura 26 demonstra outras comparações em relação as RUP dessa equipe, enquanto que a figura 27 traz o tempo de produção de um pavimento.

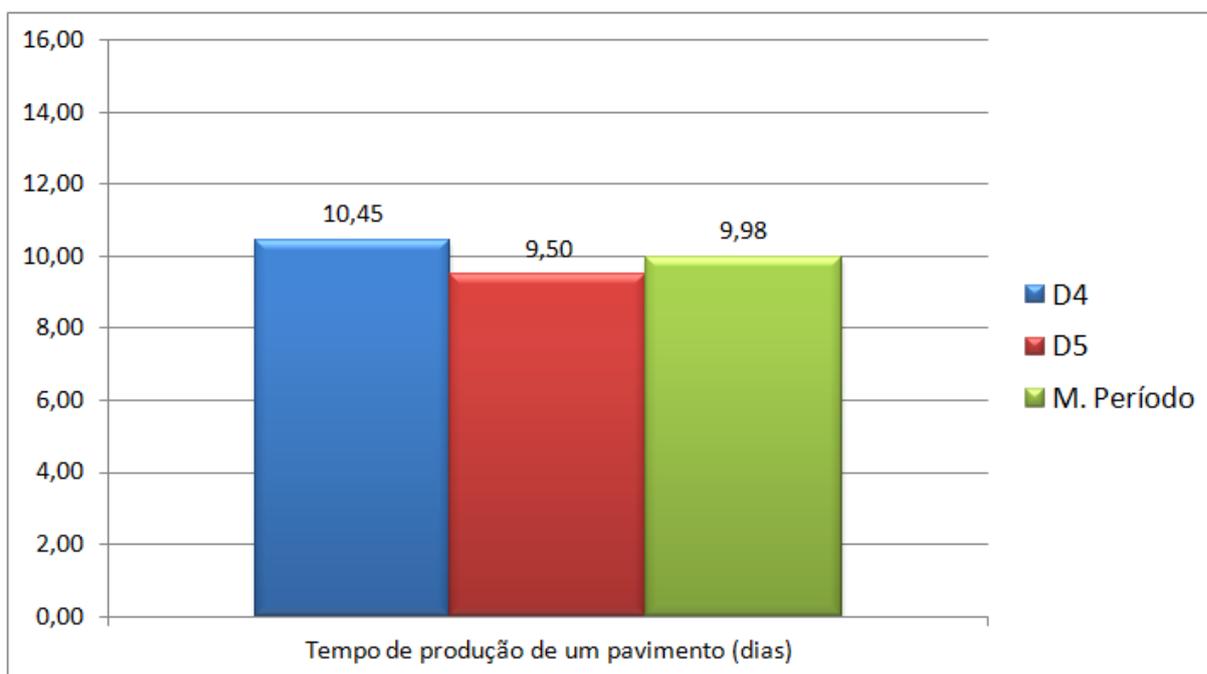
Os gráficos deixam explícito a melhora ente um pavimento e outro. A média da produtividade obtida em cada pavimento – a RUP cumulativa – foi aproximadamente 10% melhor no quinto pavimento ante ao quarto. Isso resultou na redução de um dia de trabalho para a execução do pavimento.

Figura 26 – Comparação entre as RUP – equipe 1



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 27 – Tempo de produção de um pavimento – equipe 1



(fonte: elaborado pelo autor)

7.2 ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA EQUIPE 2

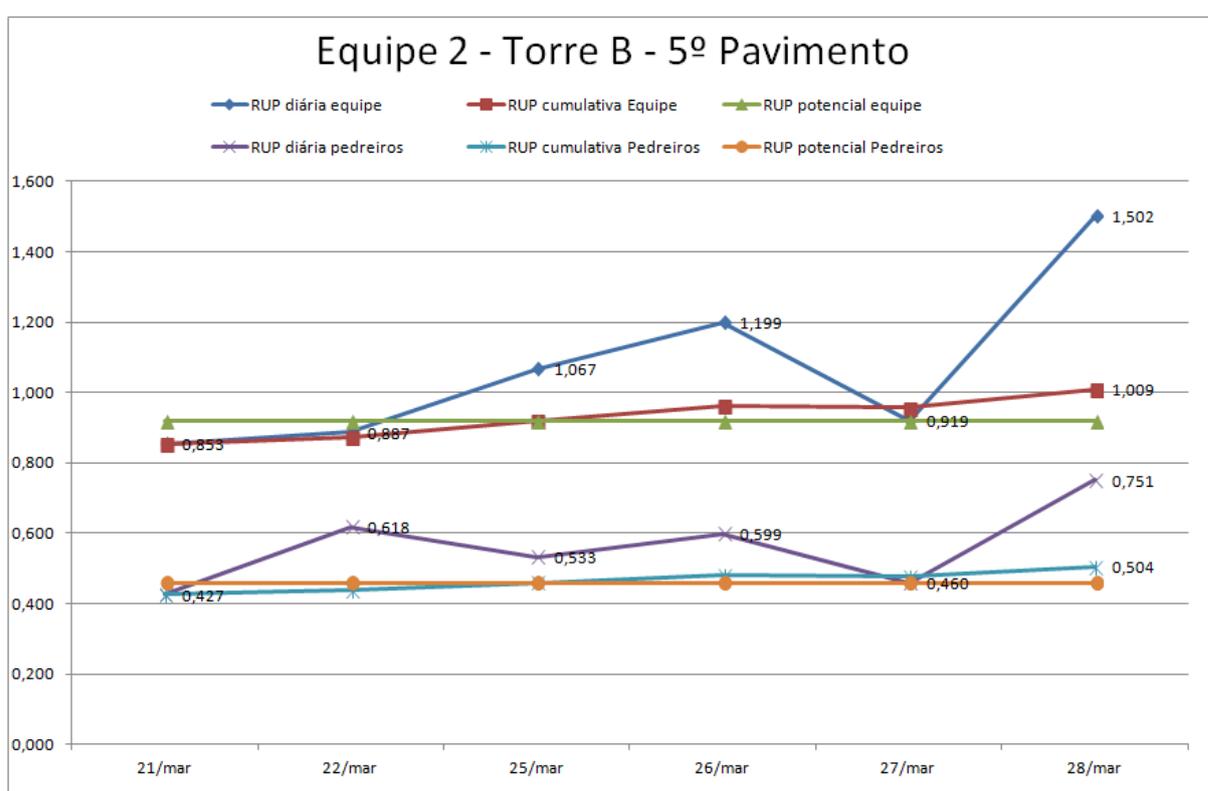
A equipe 2 trabalhou em dois pavimentos durante o período de observação, o quinto andar da torre B e o quinto andar da torre C. Na torre B a equipe trabalhou em conjunto com a equipe 3, já na torre C ela ficou como única encarregada da execução. O método de trabalho dos dois pedreiros dessa equipe é o mais distante um do outro entre todas as equipes, e poderiam ser consideradas duas equipes com um pedreiro e um servente cada, não fosse o compartilhamento de recursos como a argamassa e corte de blocos entre os serventes.

7.2.1 Produtividade do quinto pavimento – torre B (equipe 2)

A equipe 2 realizou a marcação de todo quinto pavimento da torre B no dia 20 de março, mas dividiu a elevação das paredes com a equipe 3. Essa última ficou responsável pela elevação de um apartamento dos quatro, enquanto que a equipe 2 pelos outros três. Essa trabalhou na elevação das paredes do dia 21 de março até o dia 28 de março, sendo que foi trabalhado em dois sábados, um deles o dia 30 de março (dia 29 houve chuva durante todo o período de trabalho), sendo que esses foram considerados como horas extras.

O gráfico da figura 28 mostra as RUP obtidas neste caso. O melhor desempenho foi obtido 27 de março com uma RUP diária de 0,919, mesmo que nesse dia tenha havido chuva entre as 13h e as 15h, o que foi considerado como condição climática ruim. Já o pior valor – 1,502 – do indicador de produtividade foi no dia 28 de março. Como o trabalho do dia 30, sábado, foi considerado como horas extras do dia 28, possivelmente essa baixa produtividade se deu em função de um ritmo menor no fim de semana, além de a desmobilização do serviço ter sido feita por um único pedreiro nesse dia.

Figura 28 – RUP equipe 2 – 5º Pavimento, torre B



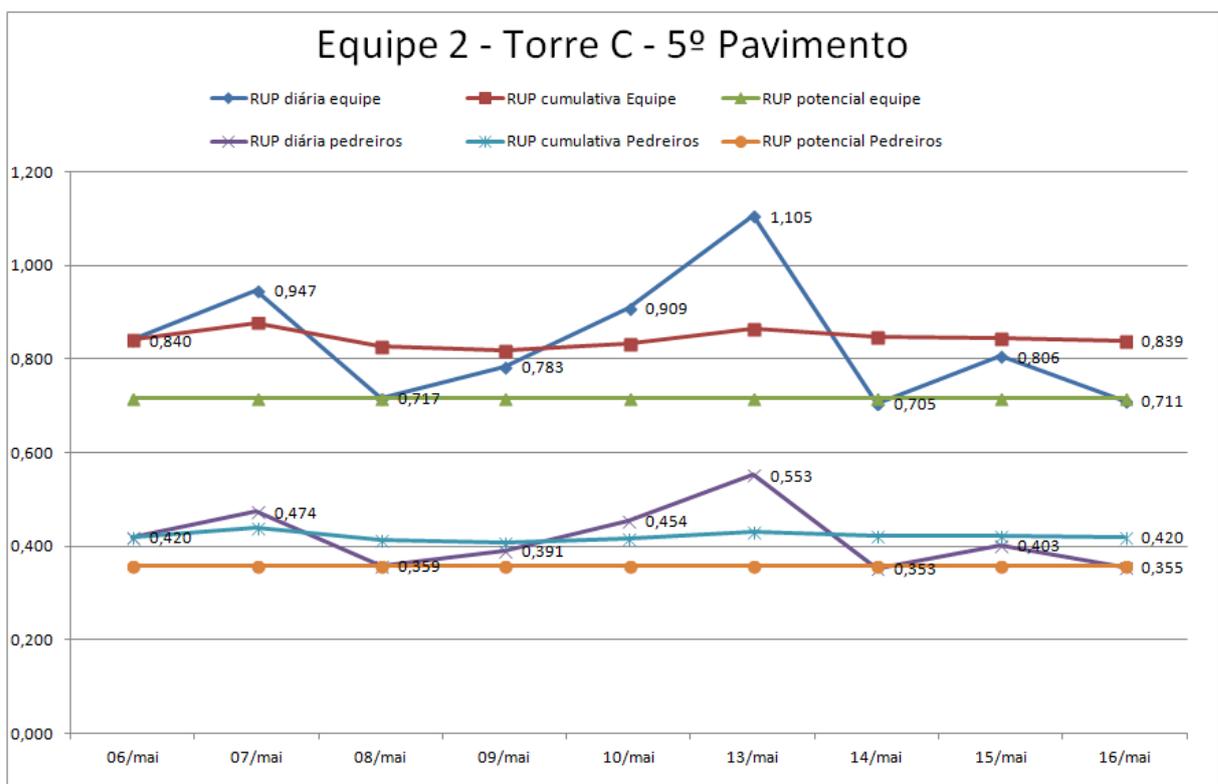
(fonte: elaborado pelo autor)

A RUP cumulativa dessa equipe para esse pavimento foi de 1,009, e obtendo uma RUP potencial de 0,919. Cabe observar que em somente um dia a RUP diária ficou abaixo da cumulativa, sendo então ela mesma o valor da RUP potencial. Como a equipe se manteve constante em relação a seus trabalhadores, da mesma maneira que a equipe 1, o gráfico das RUP dos pedreiros acompanha as da equipe.

7.2.2 Produtividade do quinto pavimento – torre C

A elevação da alvenaria no quinto pavimento da torre C teve início no dia seis de maio e acabou no dia 16 de maio. Os indicadores de produtividade, como mostrado na figura 29, tiveram uma melhora significativa se comparados ao pavimento anterior. No dia 14, um pedreiro não compareceu na obra, mesmo dia em que o outro concluiu os dois apartamentos em que estava trabalhando.

Figura 29 – RUP equipe 2 – 5º Pavimento, torre C



(fonte: elaborado pelo autor)

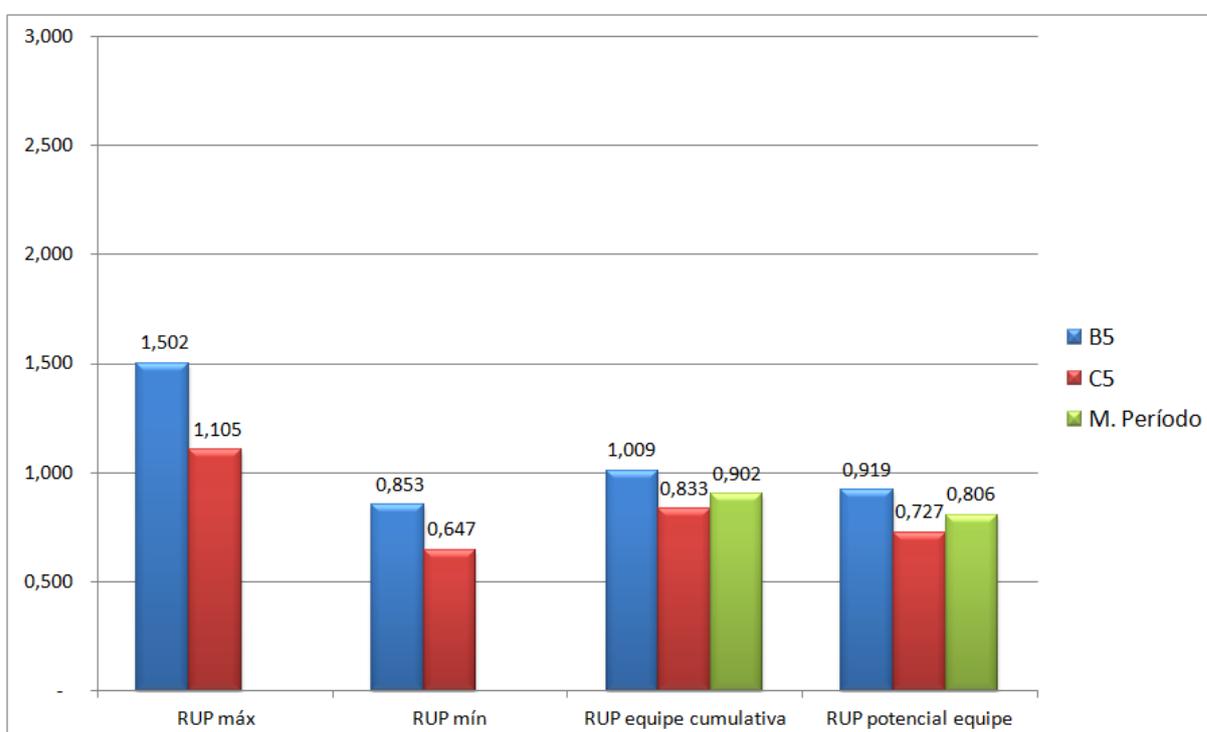
O maior valor de RUP diária foi de 1,105, e o menor de 0,647. Na máxima, o único fator diferenciado foi a subida para os andaimes neste dia. Já a mínima se deu no dia em que somente um pedreiro trabalhou, fazendo algumas horas extras para finalizar os apartamentos que estava executando. Esse desempenho elevado possivelmente se deve à vontade do pedreiro de acabar o serviço, pois já existia outro pavimento em que se podia executar a alvenaria, que seria dado a primeira equipe, dentre as do empreiteiro, que ficasse disponível.

A RUP cumulativa da equipe foi de 0,839, valor bastante inferior ao obtido na torre B. A RUP potencial foi de 0,717, também bastante abaixo do que o da outra torre.

7.2.3 Produtividade geral – equipe 2

Considerando a produtividade de todo o período observado, a equipe 2 obteve uma RUP cumulativa no valor de 0,902 e uma potencial de 0,806. Comparando com a RUP cumulativa no quinto pavimento da torre C, de 0,839, fica evidente a melhora, pois essa é bastante próxima da potencial quando considerado tudo que foi produzido. Nos gráficos a seguir (figura 30 e figura 31) temos a comparação das RUP cumulativas e potenciais dos pavimentos observados e também o tempo levado para produzir um pavimento.

Figura 30 – Comparação entre as RUP – equipe 2



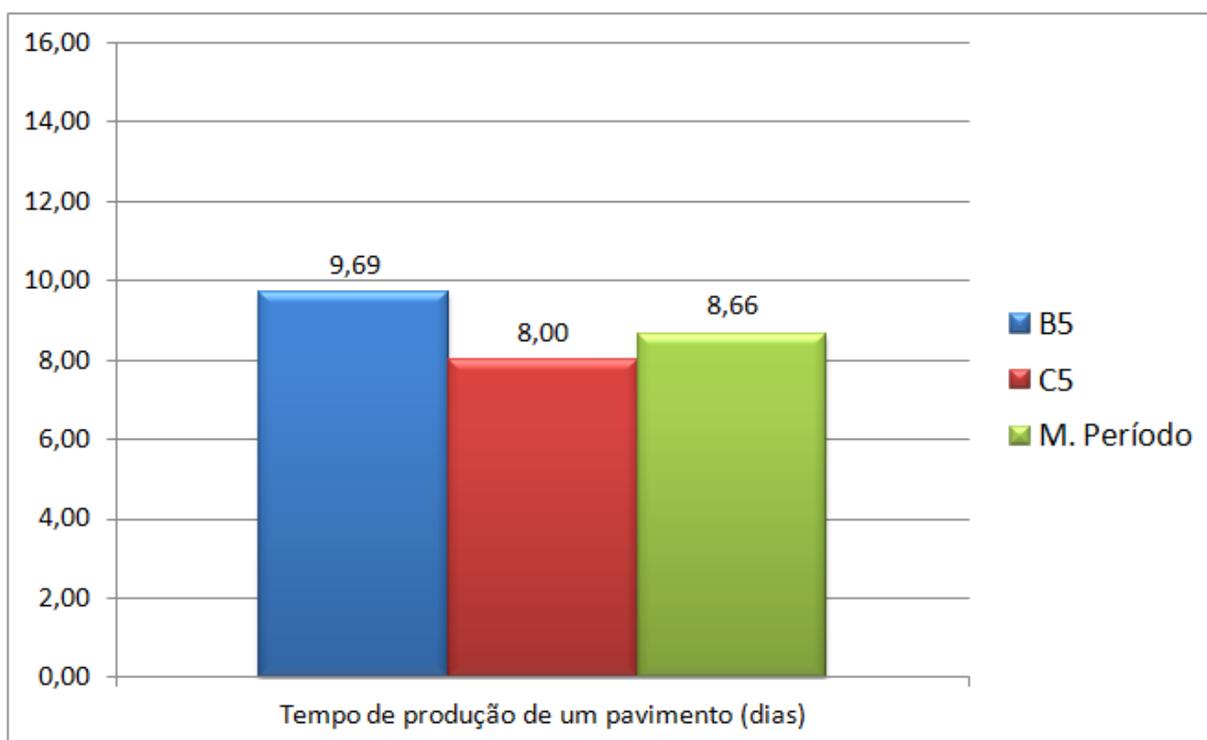
(fonte: elaborado pelo autor)

Na torre C a melhora foi tão significativa que a equipe trabalhou com uma RUP cumulativa abaixo da potencial da torre B. Essa melhora representa um ganho de quase dois dias na execução de um pavimento. Só não ocorreu isso pois a torre B estava sendo dividida com outra equipe.

Possivelmente, a produtividade significativamente pior na torre B se deve ao fato de que a equipe trabalhou em conjunto com a equipe 3. Uma equipe maior a ser coordenada, a divisão dos recursos como masseiras, maquina, blocos e argamassa, e o ambiente de trabalho

reduzido, visto que os pedreiros tinham menos espaço para trabalhar, são todos fatores que podem ter contribuído para um pior desempenho.

Figura 31 – Tempo de produção de um pavimento – equipe 2



(fonte: elaborado pelo autor)

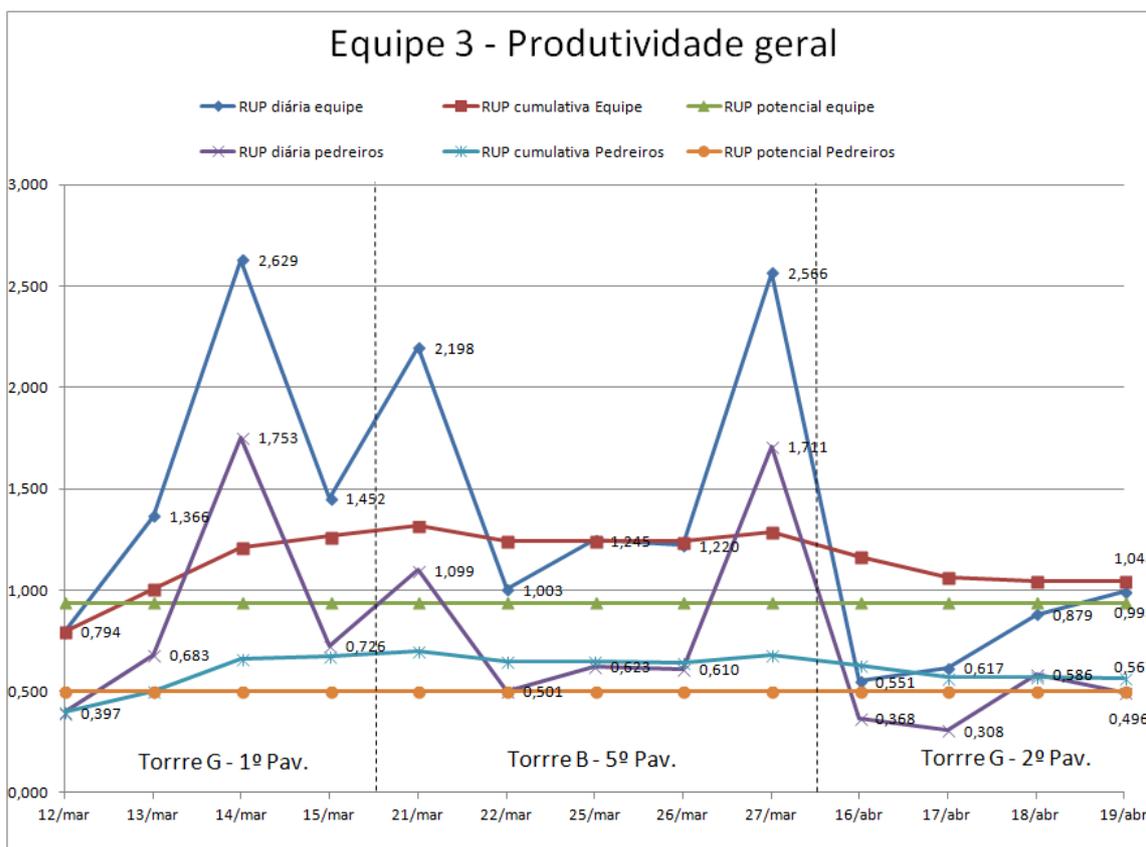
7.3 ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA EQUIPE 3

Apesar de ter sido observada executando três pavimentos distintos, a equipe 3 foi a que teve o menor número de observações, apenas 13. No início do período de coleta de dados, ela já estava finalizando a execução do primeiro pavimento da torre G. Após isso ela dividiu a execução do quinto pavimento da torre B com a equipe 2, e por fim dividiu a execução do segundo pavimento da torre G com a equipe 4. É importante ressaltar também que em 4 das 13 observações, um servente não estava presente na equipe.

A coleta de dados para essa equipe foi dificultada pois, além de um menor número de observações, no primeiro pavimento da torre G as únicas quatro observações foram quando os pedreiros já estavam trabalhando em andaimes. Além disso, no quinto pavimento da torre B a equipe executou somente um apartamento, levando cinco dias. Já no segundo pavimento da torre G, executou dois apartamentos em quatro dias.

Devido às poucas observações, analisar gráficos para cada pavimento acaba se tornando inconsistente e com baixa representatividade. Portanto, foi feito um gráfico (figura 32) considerando todas as RUP obtidas no período para essa equipe.

Figura 32 – RUP equipe 3 – Geral



(fonte: elaborado pelo autor)

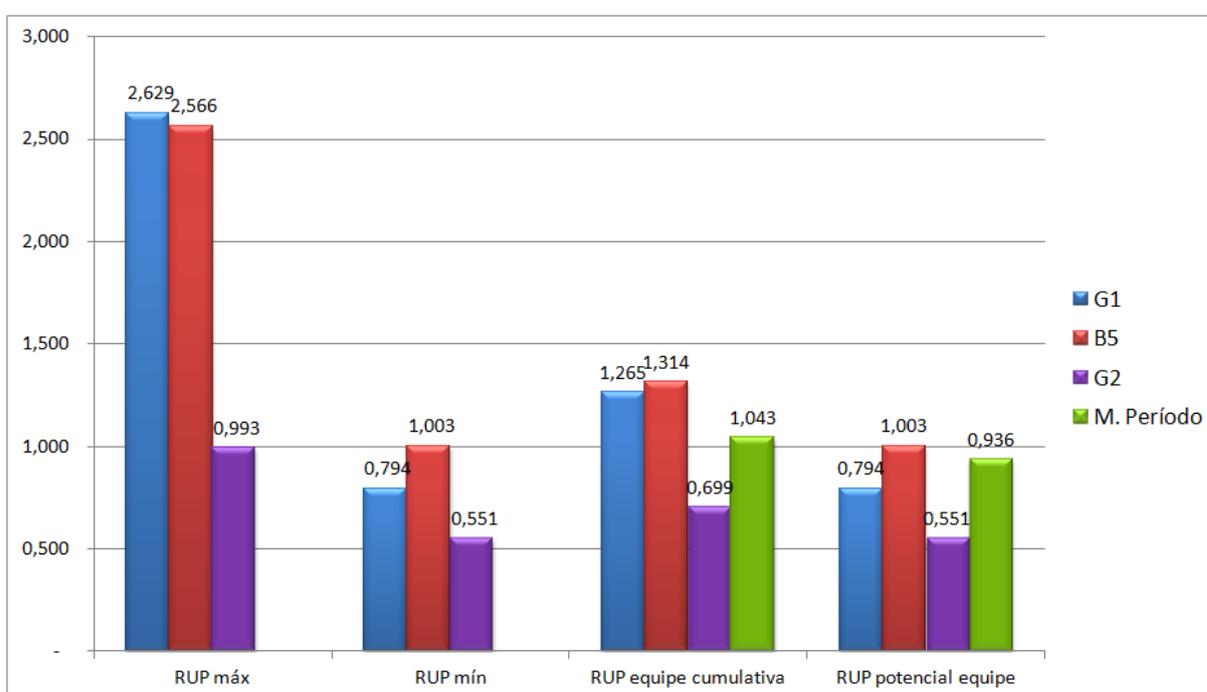
Pode-se observar que a RUP tem duas máximas com valores bem próximos, nos dias 14 e 27 de março, sendo elas de 2,629 e 2,566 respectivamente. Em ambos os dias a equipe trabalhou com um servente a menos, um dos possíveis fatores para uma menor produtividade. Além disso, no dia 27 choveu entre as 13 e 15 horas, e também foi o dia em que finalizaram o pavimento, podendo tanto a chuva quanto a desmobilização do serviço, ter contribuído para essa piora na produtividade.

A RUP mínima da equipe foi de 0,551, no início da execução do segundo pavimento da torre G. As RUP medidas nesse pavimento foram inferiores, mostrando uma maior produtividade, do que as nos outros dois. Esse fato provavelmente tem origem num fator motivacional, pois a equipe 3 trabalhou, neste pavimento, em conjunto com a equipe 4, e essa última equipe

apresenta a melhor produtividade da obra. É possível que a equipe 3 tenha tentado acompanhar o ritmo acelerado da 4.

Levando em conta todo o período, a RUP cumulativa foi de 1,043, e a potencial foi de 0,936. No entanto, se desconsiderarmos o último pavimento executado, os valores vão para 1,289 e 1,111, de RUP cumulativa e potencial, respectivamente. A figura 33 apresenta algumas comparações em relação a essa diferença obtida na produtividade entre os primeiros e o último pavimento, e a figura 34 mostra essa diferença no tempo de produção de um pavimento.

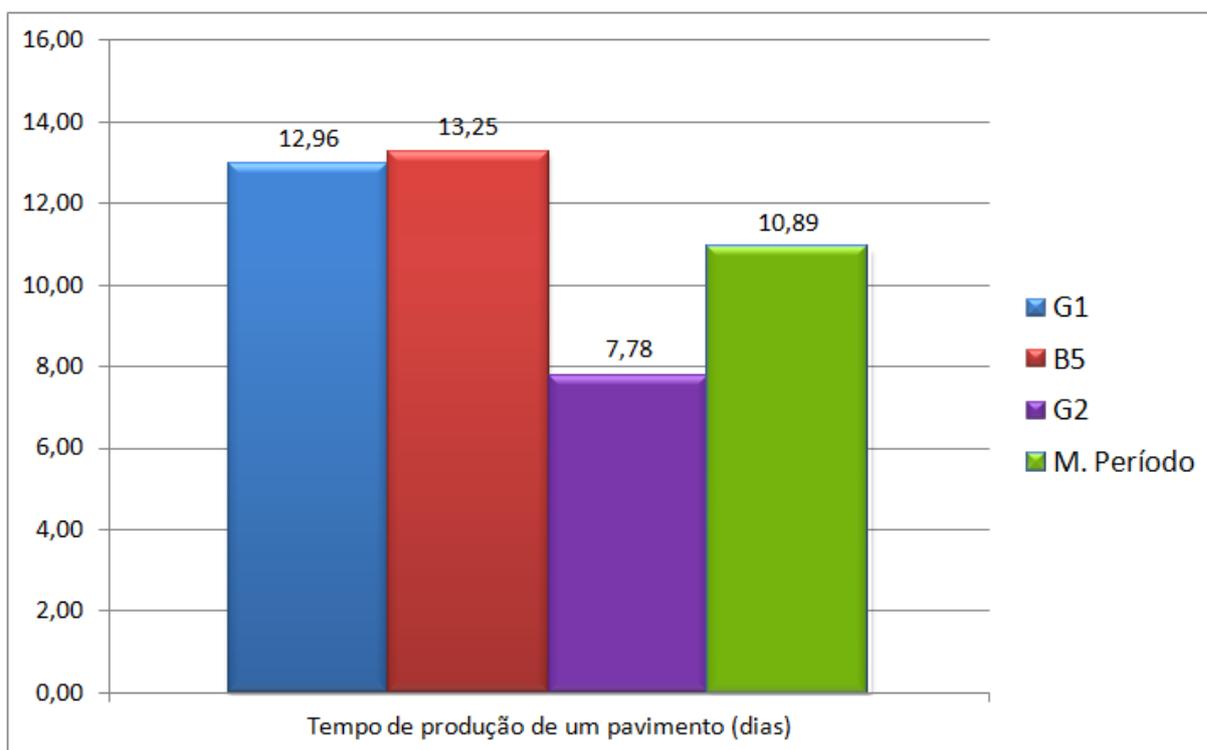
Figura 33 – Comparação entre as RUP – equipe 3



(fonte: elaborado pelo autor)

Pelos gráficos fica claro que no segundo andar da torre G a melhora foi tão significativa que reduziu quase que pela metade o tempo de execução do pavimento. Nota-se que a RUP cumulativa desse andar foi menor que a potencial dos demais pavimentos, tamanha a diferença na produtividade. Já o pior resultado, na torre B, pode ser atribuído ao fato de se ter trabalhado em conjunto com a equipe 2.

Figura 34 – Tempo de produção de um pavimento – equipe 3



(fonte: elaborado pelo autor)

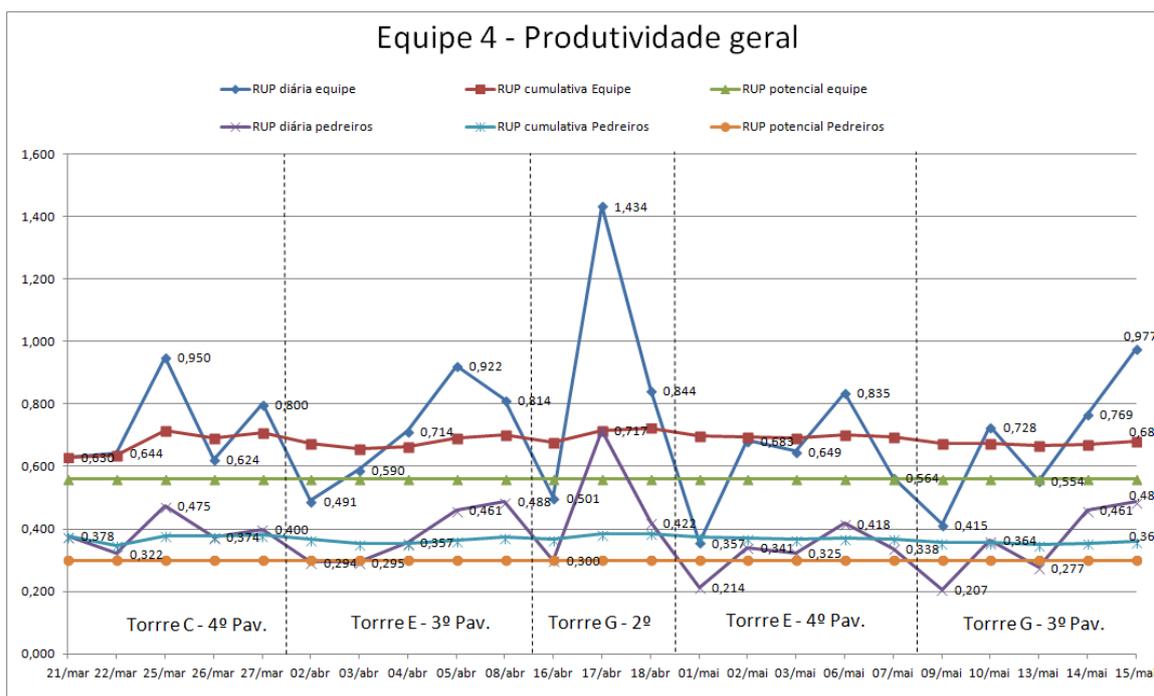
7.4 ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA EQUIPE 4

A equipe 4 apresentou a maior produtividade, entre todas as equipes, com larga vantagem. No período observado trabalhou em cinco pavimentos distintos, sendo que em apenas um dividiu o serviço, no segundo andar da torre G. Era a única equipe composta por três pedreiros, e em oito das 23 observações a equipe trabalhou com dois serventes, nas demais com três.

Assim como no caso da equipe 3, analisar a produtividade da equipe 4 pavimento a pavimento acaba dificultando a visualização de alguma tendência, pois a equipe, durante as observações, levou cinco dias para executar a elevação da alvenaria de cada pavimento. Sendo assim, foi elaborado um gráfico (figura 35) contendo toda a produtividade do período.

Observando o gráfico pode-se notar que equipe costuma ter um comportamento cíclico. Normalmente os rendimentos maiores são no início do pavimento e vão piorando ao chegar no final, com picos de RUP normalmente no último ou penúltimo dia no pavimento, provavelmente um efeito da subida nos andaimes.

Figura 35 – RUP equipe 4 – Geral



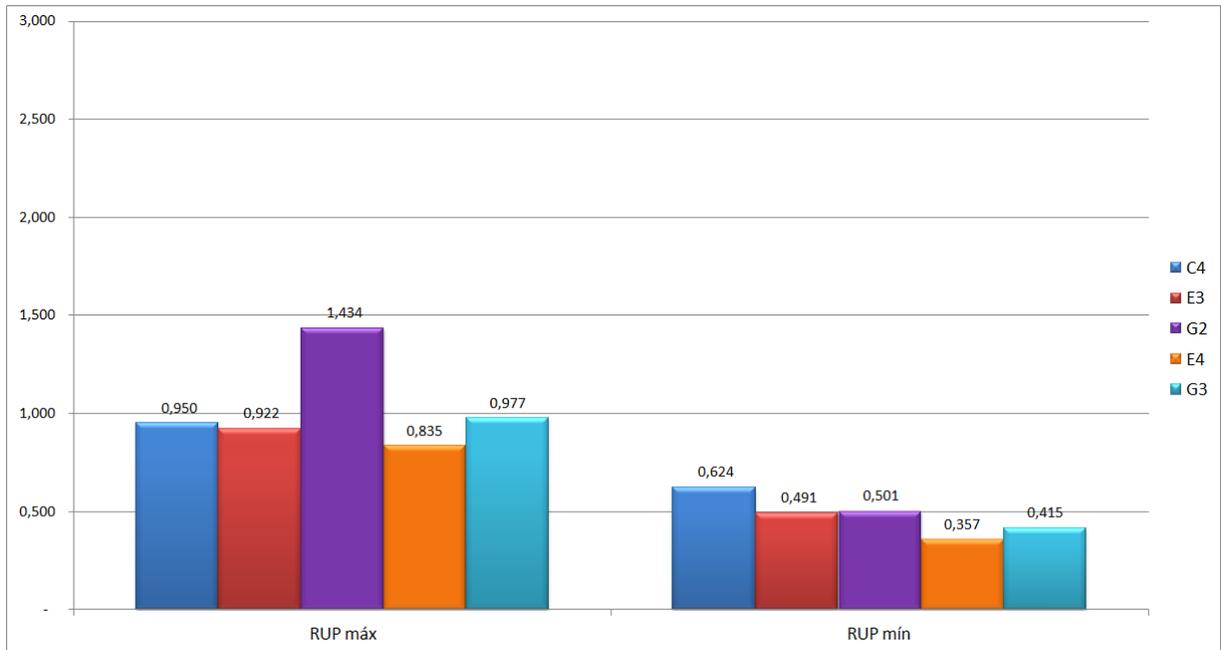
(fonte: elaborado pelo autor)

No entanto, o pior desempenho foi no pavimento que dividiu com a equipe 3, o segundo da torre G. Nele a RUP diária chegou a atingir 1,434, valor muito superior aos demais picos. Possivelmente esse fato ocorreu pela equipe estar trabalhando em conjunto com a outra, com alguma divisão de recursos mal distribuída no pavimento, visto que não foi relatado nenhum fato anormal na obra. Já o melhor resultado foi obtido no primeiro dia de elevação do quarto pavimento da torre E, com uma RUP de 0,357.

É interessante observar também, que, como existiu variação no número de serventes na equipe, as curvas de RUP dos pedreiros não acompanha as curvas da equipe, pois, em relação a equipe, num momento se considerava seis integrantes, em outro cinco, enquanto que em relação aos pedreiros eram sempre três. Isso demonstra que existe ociosidade dos serventes quando trabalhando com a equipe inteira. Em alguns momentos, como do primeiro para o segundo dia de elevação do terceiro pavimento do bloco E, a produtividade da equipe tem uma forte piora (RUP diária de 0,491 para 0,59), enquanto a dos pedreiros sofre uma pequena alteração (de 0,294 para 0,295).

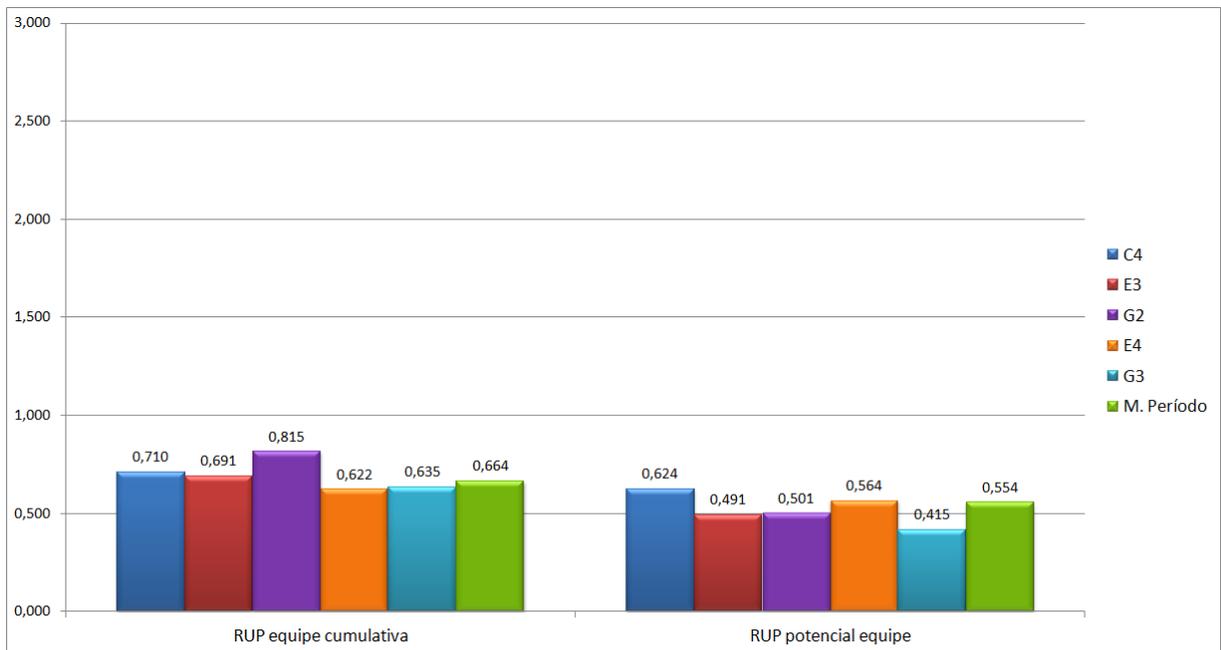
A RUP cumulativa da equipe considerando todas as observações foi de 0,681, enquanto que a potencial foi de 0,559. As figura 36 e 37 apresentam as comparações entre as RUP de cada pavimento executado, e a figura 38 o tempo de produção para cada pavimento.

Figura 36 – Comparação entre as RUP – equipe 4 (a)



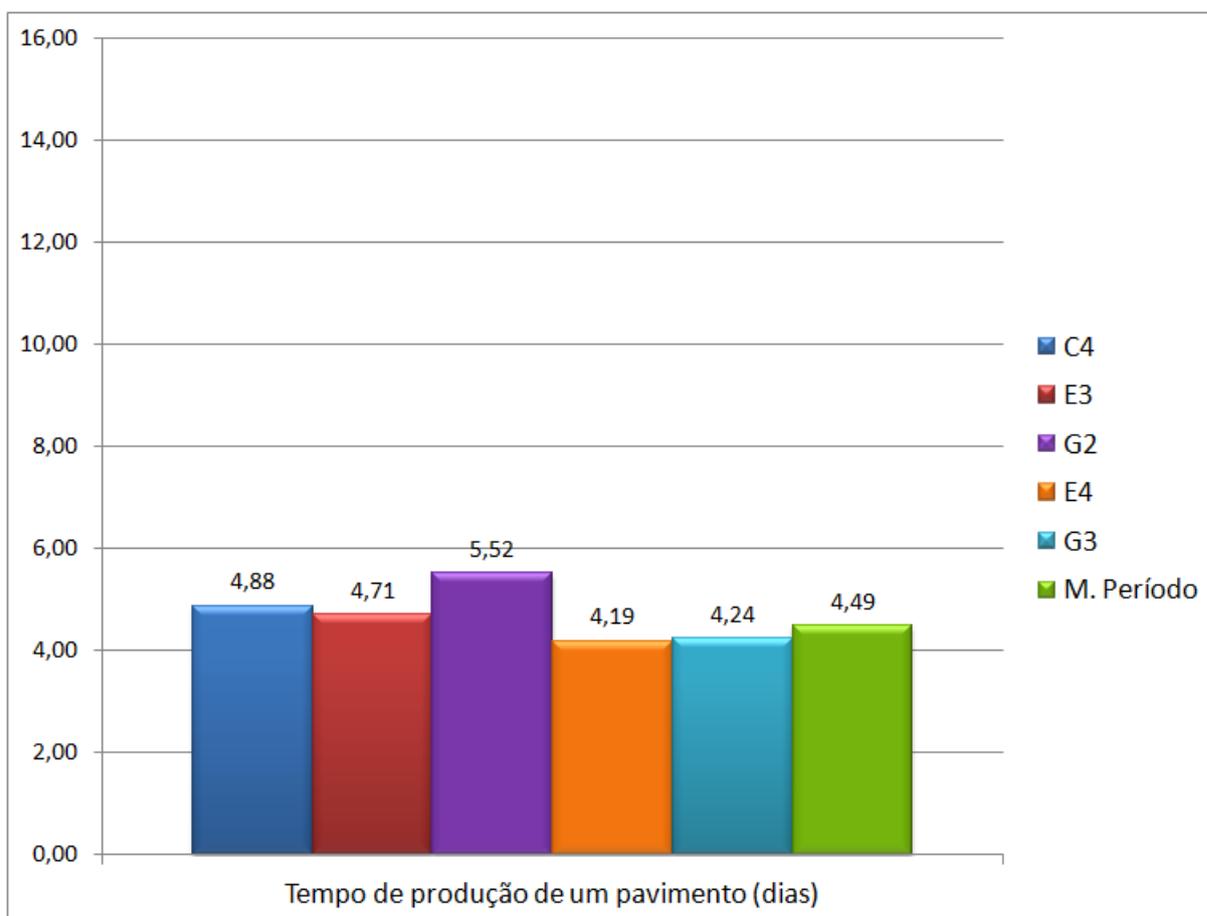
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 37 – Comparação entre as RUP – equipe 4 (b)



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 38 – Tempo de produção de um pavimento – equipe 4



(fonte: elaborado pelo autor)

7.5 ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE EM EQUIPES COM VARIAÇÃO NO NÚMERO DE SERVENTES

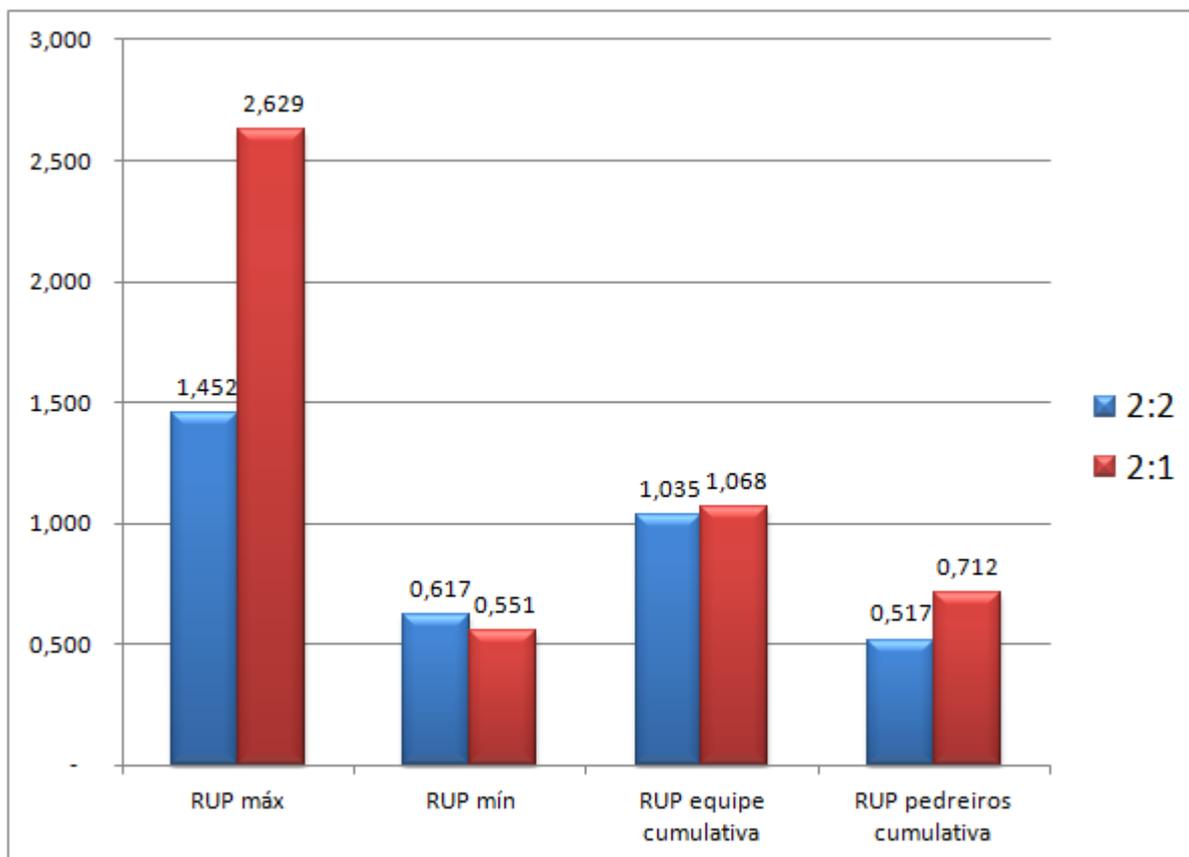
Como demonstrado na análise da equipe 4, ao se tirar um servente da equipe, isso não implicava em uma perda de produção significativa dos pedreiros. Além disso, foi observado durante a coleta de dados que muitas vezes os serventes ficavam ociosos, pelo menos no tempo da observação. Para analisar esse efeito, foi feita uma separação entre os dias com mais ou menos serventes, para as duas equipes que obtiveram variação no número destes.

7.5.1 Equipe 3

Como mencionado anteriormente, a equipe 3 conta com um número limitado de observações. Foram apenas quatro dias que eles trabalharam com um servente. Pelo baixo número de observações se torna difícil obter indicadores conclusivos, mas os gráficos das figuras 39 e 40

demonstram o que aconteceu no período. A legenda indica a proporção de pedreiros e serventes.

Figura 39 – Efeito da variação do número de serventes na equipe 3 – RUP

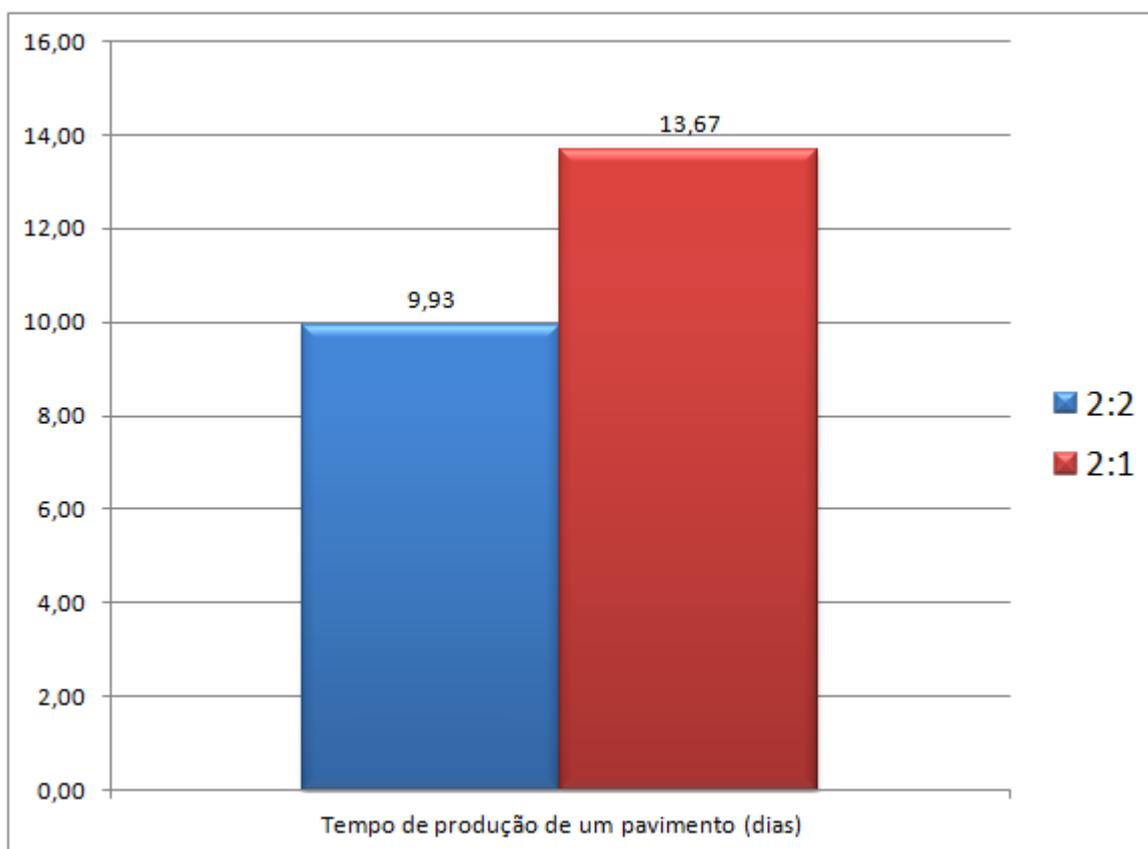


(fonte: elaborado pelo autor)

Apesar de a equipe apresentar uma produtividade média semelhante em ambos os casos, as RUP cumulativas dos pedreiros apresenta um aumento acentuado, de 37,71%, quando comparando a equipe trabalhando com um servente em relação a dois. Em termos de produção isso representa somente um metro quadrado a menos por hora, no entanto, isto levaria a um aumento do tempo de execução de um pavimento em quase quatro dias. Sendo assim, a configuração de equipe com dois pedreiros e um servente não seria aconselhável.

Cabe ressaltar novamente que isso não necessariamente representa uma tendência, dado o baixo número de dados disponíveis. Pode ter acontecido de os dias que se observou a equipe com somente um servente tiveram todos uma baixa produtividade por diversos outros fatores.

Figura 40 – Efeito da variação do número de serventes na equipe 3 – tempo de produção



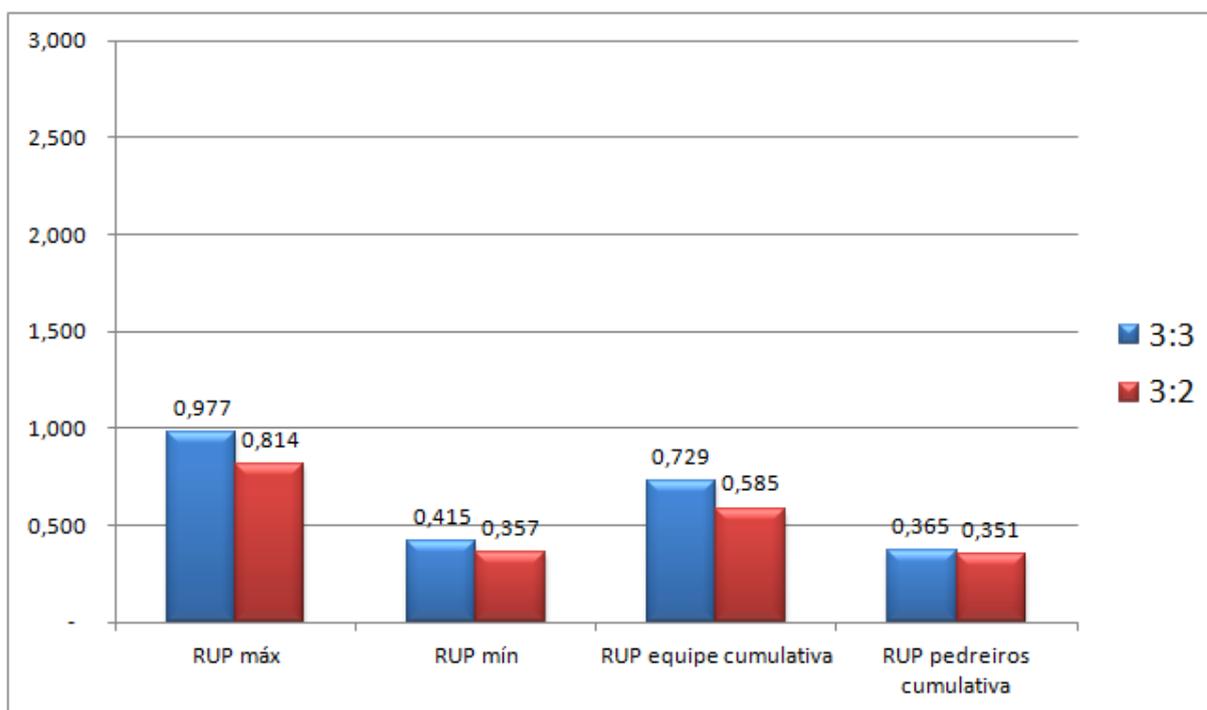
(fonte: elaborado pelo autor)

7.5.2 Equipe 4

Diferente da equipe 3, a equipe 4 possui um maior número de observações em que a equipe trabalhou com um menor número de serventes. Foram oito dias de um total de 23 observações. Essas ficaram bem distribuídas em relação ao início ou fim do pavimento, sendo que, tanto na configuração com três serventes quanto a com dois, o efeito do trabalho em andaimes está presente. As figuras 41 e 42 apresentam a comparação das duas configurações.

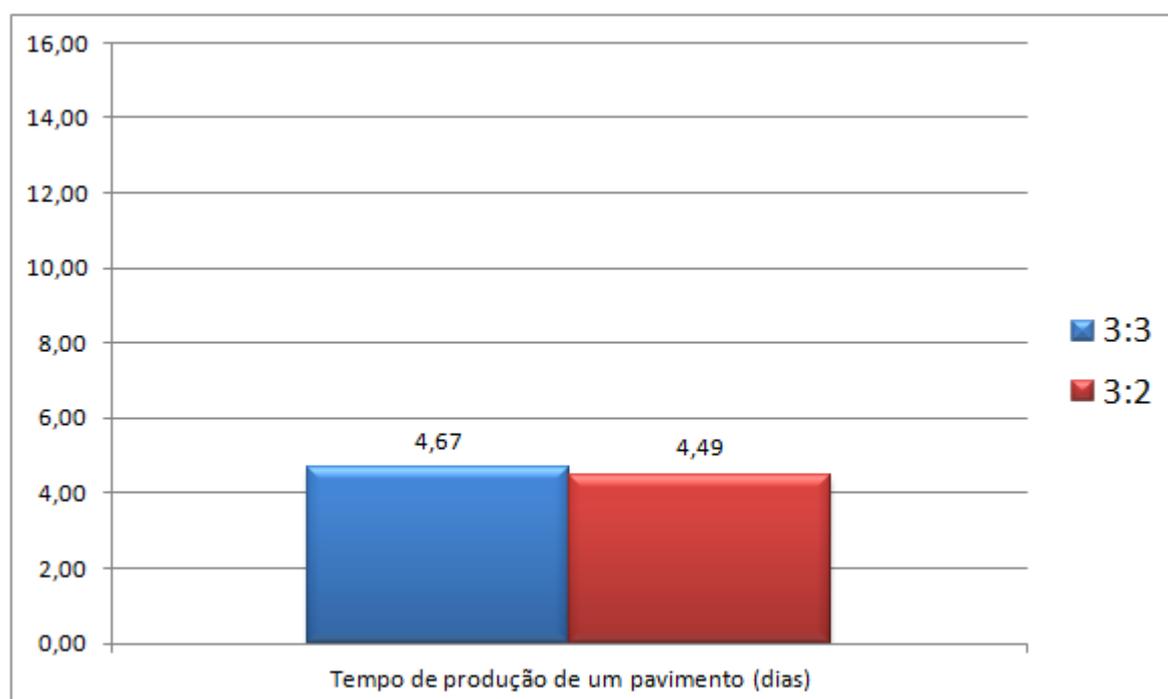
Observando os gráficos fica claro que o terceiro servente não está agregando nada ao serviço. Os indicadores de produtividade da equipe toda melhoram muito com a diminuição do número de serventes, a configuração com três gasta 24,61% a mais de mão de obra em relação à com dois, considerando um peso igual para pedreiros e serventes.

Figura 41 – Efeito da variação dos serventes na equipe 4 – RUP



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 42 – Efeito da variação dos serventes na equipe 4 – tempo de produção



(fonte: elaborado pelo autor)

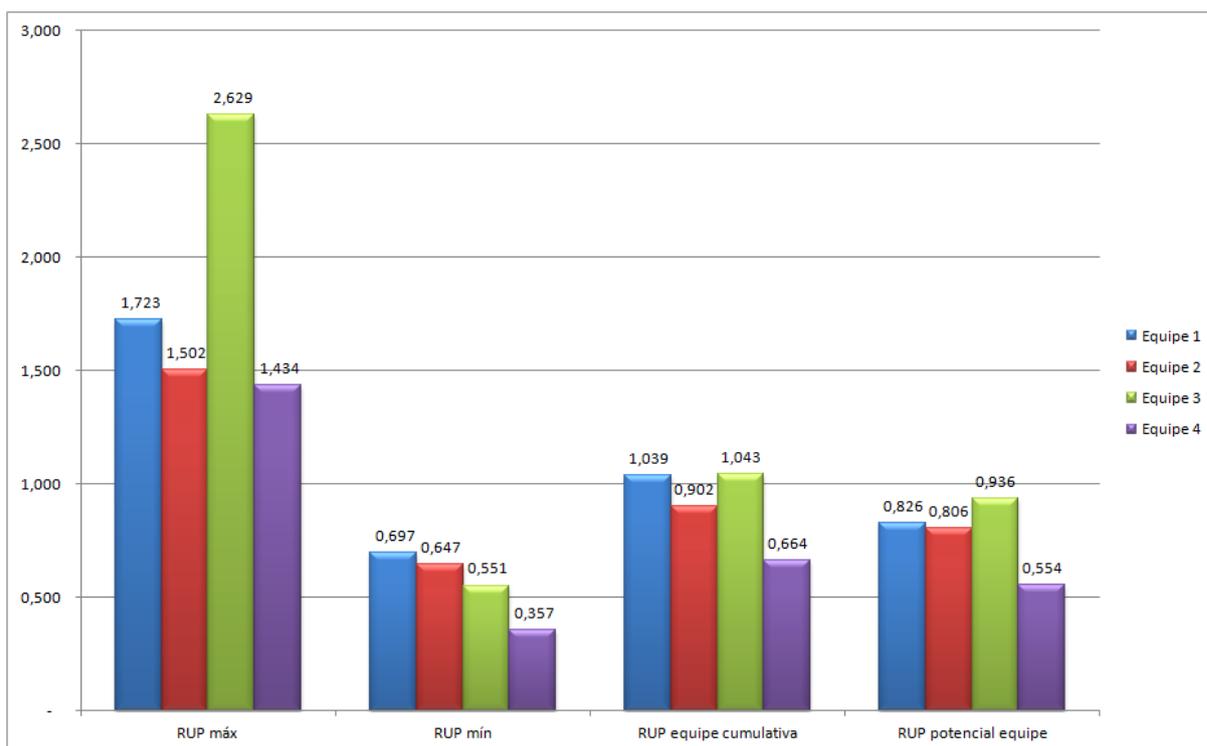
Já a RUP cumulativa considerando somente as homens-hora dos pedreiros, é praticamente a mesma, inclusive um pouco melhor para a configuração menor. Essa diferença irrisória

demonstra que a produção da equipe não se altera, e que dois serventes, dadas as condições da obra, seriam o suficiente para abastecer os três pedreiros. O mesmo se observa na produção por hora e no tempo levado para concluir um pavimento, que são os cinco dias que a equipe levou para executar todos os observados. Fica evidente que colocar um terceiro servente é desnecessário e só gera um custo sem retorno.

7.6 ANÁLISE GERAL DAS EQUIPES

Ao se fazer as análises de produtividade de cada equipe ficou evidente a disparidade entre elas na obra. A figura 43 mostra a comparação da RUP máxima, mínima, cumulativa e potencial de cada equipe medida considerando todo o período. Nota-se, pela figura 44, que enquanto a equipe 4 tem um ótimo desempenho, levando cinco dias para executar um pavimento, as demais demoram por volta de 8 a 11 dias.

Figura 43 – Comparação das RUP no período – Geral

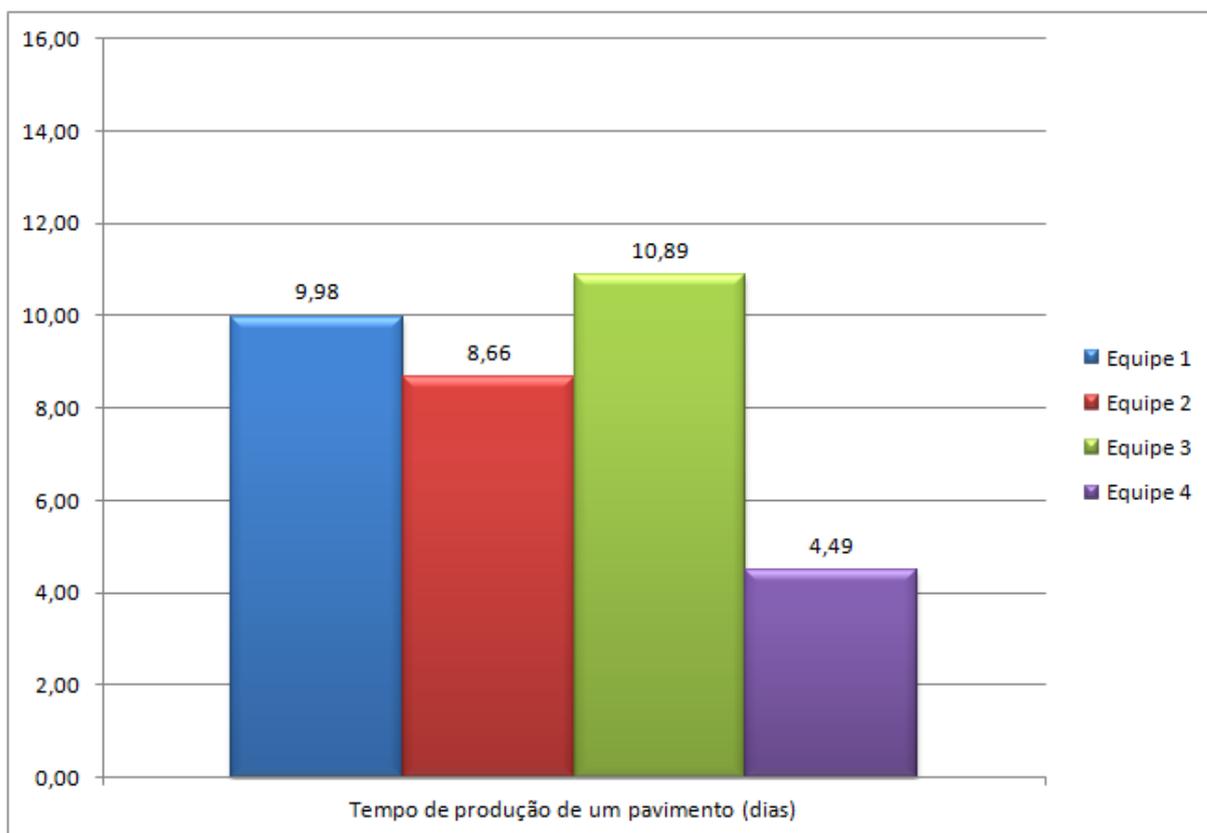


(fonte: elaborado pelo autor)

O gráfico apresenta as RUP considerando o período todo, mas como mostrado anteriormente, as equipes com pior desempenho estavam apresentando melhoras nos últimos pavimento observados. Comparando os resultados com valores encontrados em outros estudos, com

obras de características semelhantes, como no trabalho de Araújo e Souza (2001, p. 21), as RUP cumulativas estão próximas dos valores encontrados (na faixa entre 0,80 e 1,10). Já a potencial está elevada, no outro estudo elas têm valor em torno de 0,64. A única exceção é a equipe 4, que mesmo comparada com esses números ainda apresenta uma produtividade excelente.

Figura 44 – Comparação do tempo de produção no período – Geral



(fonte: elaborado pelo autor)

Cada equipe possui métodos de trabalho diferente, como comentado na seção 5.2.2, e esses também são responsáveis por essas diferenças de produtividade. Seria interessante analisá-los aprofundadamente, principalmente o método da equipe 4, para fazer com que as outras equipes, na medida do possível, sigam o mesmo procedimento de execução e, dessa forma, obtenham uma produtividade superior à atual.

Dos fatores registrados nesse trabalho que mostraram uma influência maior na produtividade da mão de obra, alguns podem ser eliminados através de um planejamento e controle mais eficaz, e outros são inerentes do sistema de alvenaria estrutural. A mobilização e desmobilização dos andaimes, assim como o trabalho sobre eles, têm um impacto

significativo, mas já esperado, na produtividade. Talvez com o estudo da logística de mobilização e desmobilização possa se mitigar esse efeito.

Já trabalhar fora da jornada normal de trabalho, bem como duas equipes dividirem a execução de um mesmo pavimento, poderiam ser evitados com um planejamento mais eficaz. Cabe ressaltar que nos momentos em que foi observado duas equipes trabalhando no mesmo pavimento, em geral a produtividade decaía. A exceção foi quando a equipe 3 trabalhou no mesmo pavimento que a equipe 4, tendo a primeira melhorado seu desempenho, possivelmente puxada pela grande velocidade da outra equipe.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o término deste trabalho podem ser feitas diversas considerações à respeito da produtividade das equipes de trabalho encontradas na obra de estudo. O simples fato de se conhecer com dados concretos a produtividade de cada equipe tanto em cada pavimento que executou, quanto num período maior, já constitui uma informação preciosa para a empresa construtora planejar seu empreendimento e verificar se o tempo planejado para o serviço de alvenaria está de acordo com os dados encontrados.

A análise dos fatores que possam variar durante a obra e afetar a produtividade também se mostra positiva. Tendo se elencado aqueles em que se pode trabalhar, é possível tomar ações para que se melhore o desempenho da mão de obra

Para as configurações de equipe, uma equipe com dois pedreiros e um servente se mostrou ineficiente se comparada com uma de dois pedreiros e dois serventes. No entanto nesse caso é necessário confirmar essa tendência, pois as observações com essa configuração foram poucas. Já para a equipe com três pedreiros, a configuração com apenas dois serventes é, no caso desta obra, tão eficaz quanto a com três serventes, mas muito mais eficiente, pois obteve um resultado semelhante com um homem a menos.

Com posse dessa informação seria interessante a construtora, visando uma parceria benéfica com a empreiteira, explicar ao empreiteiro o desperdício de recursos ao colocar a equipe com três serventes. Outra aplicação seria aumentar em um pedreiro a equipe 1, que é da própria construtora e hoje trabalha com dois pedreiros e dois serventes, para observar se os serventes dessa equipe também conseguiriam abastecer três pedreiros.

Essa última aplicação pode não ser tão simples, pois também seria necessário analisar a demanda pelos pavimentos executados da obra. Se hoje o ritmo da obra está alinhado com os prazos de execução, talvez, mesmo que melhorando a produtividade da equipe, não seja interessante esse novo pedreiro. Além da produtividade ele também aumentaria a produção de paredes, e – se o resto da obra não acompanhar essa velocidade – só se acabaria com um estoque de paredes executadas, prejudicando o fluxo de caixa da obra, pois ainda seriam necessários vários outros serviços até se obter o produto final, as moradias acabadas.

Por fim, o método adotado se mostrou eficaz para a medição da produtividade e para a análise proposta. Fica o desejo de que as análises aqui encontradas possam ajudar a empresa construtora a melhorar seu processo de execução de alvenaria estrutural, e também que possa servir de base para outros trabalhos sobre o mesmo tema.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. **Produtividade da mão de obra na execução de alvenaria**: detecção e quantificação de fatores influenciadores. São Paulo: EPUSP, 2001. Boletim Técnico PCC n. 269.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo, SP: Projeto/PW, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837**: calculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 13281**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 6136**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 15961**: alvenaria estrutural – blocos de concreto parte 2: execução e controle. Rio de Janeiro, 2011.

BEALL, C. **Masonry design and detailing**. 5th Ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

CARRARO, F.; SOUZA, U. E. L. Monitoramento da produtividade da mão de obra na execução da alvenaria: um caminho para otimização dos recursos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO, 1., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. p. 291-298. Disponível em : < http://congr_tgpe.pcc.usp.br/anais/Pg291a298.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2013.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. 2. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000. Série Construção Civil, v. 5.

PRUDÊNCIO JR., L. R.; OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C. A. **Alvenaria Estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2002.

PENTEADO, A. F. **Gestão da produção do sistema construtivo em alvenaria estrutural**. 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

RAMALHO, M. A., CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em edificações de baixa renda**: uma análise de conformidade e da confiabilidade. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007a.

_____. **Alvenaria estrutural:** processo construtivo racionalizado. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2007b. Apostila do Curso de Extensão da Área de Ciências Exatas e Tecnológicas. Disponível em: <<http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/artigos.html>>. Acesso em: 1 jun. 2012

SABBATINI, F. H. **Alvenaria Estrutural – materiais, execução da estrutura e controle tecnológico:** requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para a solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal. Brasília: Caixa Econômica Federal, Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano, 2003.

SANTOS, M. D. F., **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural:** contribuição ao uso. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero:** o sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996

SOUZA, U. E. L. Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998. São Paulo. **Anais...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. p. 237-248. Disponível em: <<http://vv98.pcc.usp.br/Veda%C3%A7%C3%B5es%20verticais.pdf>> Acesso em: 25 nov. 2012.

_____. Como medir a produtividade da mão de obra na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000. Np. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Produtividade/como%20medir%20produtividade%20-%20geral%20-%20Entac.pdf>> Acesso em: 20 set. 2012.

SOUZA, U. E. L.; ARAÚJO, L. O. C. Avaliação da gestão de serviços de construção. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção Inovação e Sustentabilidade, 2., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2001. NP. Disponível em: <<http://otavio.pcc.usp.br/Artigos/Sibrageq%202001-%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20gest%C3%A3o%20de%20servi%C3%A7os%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 25 nov. 2012