

Comparação de Índices de Produtividade de Alvenaria em Edifícios no Brasil e em Portugal

Nelson Antônio Barbosa Mendonça

Dissertação submetida à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil através do programa de Dupla Diplomação com a Universidade Federal de Lavras

Orientadores:

Professor Doutor Rui Alexandre Figueiredo de Oliveira

Professor Doutor Victor Buono da Silva Baptista

Bragança

2026

ABSTRACT

Labour productivity in construction is a key indicator for estimating durations, sizing crews, and controlling costs, yet its practical use on site depends on how well tabulated reference values match actual observed performance. This dissertation takes the execution of non-structural infill masonry as its core activity and compares productivity indices in Brazil and Portugal using the labor-hours per square meter (mh/m²) indicator, with the aim of assessing the practical suitability of the technical references adopted in each context and clarifying how they should be applied in construction management. The research is organized into three stages. First, it frames the main concepts surrounding productivity and the use of indices in planning, analyzing the selected technical references SINAPI in Brazil and LNEC in Portugal, with a specific focus on masonry execution. Second, it builds the study database, consisting of one in situ measurement in Portugal, four complementary samples drawn from academic works in the Portuguese context, and ten samples provided by companies in Brazil, ensuring standardization of both scope and the comparison metric. Third, it processes and compares the data by confronting observed productivities with the reference values and discussing the results in light of real execution conditions and organizational factors associated with the construction process. The study provides an applied discussion of the conditions under which tabulated indices align with site reality and where they require greater caution, reinforcing that these references should serve as decision-support tools rather than rigid parameters. As a contribution, the dissertation sets out a replicable comparative procedure and offers practical guidance for the critical use of masonry productivity indices, with direct implications for planning, control, and continuous improvement on site.

Keywords: Productivity; Construction industry; Masonry; Construction methods; Workforce; Efficiency

Resumo

A produtividade da mão de obra na construção civil é um indicador determinante para estimar prazos, dimensionar equipas e controlar custos, mas a sua utilização em obra depende da compatibilidade entre os valores tabelados e o desempenho efetivamente observado. Esta dissertação analisa a execução de alvenaria de enchimento como atividade central e compara índices de produtividade em Brasil e Portugal, recorrendo ao indicador horas homem por metro quadrado, com o objetivo de avaliar a adequação prática dos referenciais técnicos utilizados em cada contexto e clarificar a forma correta de os aplicar na gestão.

A investigação desenvolve-se em três momentos. Num primeiro momento, são enquadrados os conceitos que circundam a produtividade e a utilização de índices em planeamento, com análise dos referenciais técnicos selecionados, SINAPI no Brasil e tabelas de rendimentos do LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) em Portugal, com o foco central na execução de alvenaria.

Num segundo momento, é estruturada a base do estudo, composta por uma medição in loco em Portugal, duas amostras complementares de trabalhos académicos no contexto português e dez amostras de produtividade disponibilizadas por empresas no Brasil, garantindo a padronização do escopo e da métrica de comparação.

Num terceiro momento, procede-se ao tratamento e comparação dos dados, confrontando produtividades observadas com os valores de referência, e discutindo os resultados à luz das condições reais de execução e de fatores organizacionais associados ao processo construtivo. O estudo permite discutir, de forma aplicada, em que condições os índices tabelados se aproximam da realidade e onde tendem a exigir maior cautela, reforçando que estes referenciais devem funcionar como base de apoio e não como parâmetros rígidos.

Como contributo, a dissertação evidencia, através da comparação com referenciais oficiais, que os índices de produtividade do SINAPI e do LNEC constituem parâmetros tecnicamente relevantes para o planeamento e controlo da produção, embora os rendimentos efetivamente obtidos em obra apresentem variações significativas em função das particularidades de cada contexto construtivo. Os resultados demonstram que fatores como tipologia da edificação, dimensões e características dos blocos, geometria dos panos executados, organização das equipas e condições operacionais influenciam diretamente a produtividade observada, originando desvios relevantes entre os valores de referência e as condições reais de execução. A investigação reforça, assim, a necessidade de interpretação crítica e contextualizada dos referenciais de produtividade, oferecendo suporte técnico mais robusto à tomada de decisão no planeamento, no dimensionamento de recursos e na avaliação da eficiência produtiva em contexto real de obra.

Palavras-chave: Produtividade; Indústria da construção civil; Alvenaria; Métodos construtivos; Mão de obra; Eficiência.

ÍNDICE

ABSTRACT	ii
Resumo	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	viii
1. Introdução	1
1.1. Contexto e Motivação	1
1.2. Objetivos Propostos	2
1.3. Metodologia de Investigação (Resumo)	3
1.4. Organização da Dissertação	4
2. Estado da Arte	5
2.1. Enquadramento Geral	5
2.2. O Conceito de Rendimentos e Produtividades	5
2.3. Métodos de Medição da Produtividade em Obras	7
2.4. Índices de Produtividade	9
2.4.1. Rendimento em Alvenarias	9
2.4.2. Tabelas de Produtividade no Brasil	11
2.4.2.2. Produtividade Implícita e Limitações - SINAPI	15
2.4.2.3. Impacto da Padronização - Brasil	15
2.4.3. Tabelas de Produtividade em Portugal	16
2.4.3.1. Estrutura Metodológica e Organização das Fichas - LNEC	16
2.4.3.2. Origem dos Rendimentos e Carácter Referencial - LNEC	19
2.5. Fatores que Influenciam a Produtividade	19
2.5.1. Mão de Obra	19
2.5.2. Gestão e Planeamento	22
2.5.3. Características do Projeto	23
2.5.4. Condições do Ambiente de Trabalho	23
2.5.5. Logística e Suprimentos	24
2.5.6. Inovação e Tecnologia	25
2.6. Sistemas Construtivos em Alvenaria e Implicações de Execução	26
2.6.1. Métodos Construtivos com Alvenaria Não Estrutural no Brasil	26
2.6.2. Métodos Construtivos com Alvenaria Não Estrutural em Portugal	28

2.7.	Controle de Qualidade na Construção	31
2.7.1.	Evolução da Gestão da Qualidade	31
2.7.2.	Inspeção na Construção Civil: Tipos, Objetivos e Função	33
2.7.3.	Qualidade Aplicada às Alvenarias: Certificações e Parâmetros Mais Comuns	34
2.7.4.	Problematização e Gestão da Qualidade na Execução de Alvenaria: Patologias, Retrabalho e Impacto na Produtividade	36
2.7.5.	Estratégias Contemporâneas de Controle	39
3.	Metodologia de Investigação	43
3.1.	Tipo de Pesquisa	43
3.2.	Contexto da Metodologia de Investigação Seguida no Estudo	44
3.3.	Definição da Atividade de Estudo e sua contextualização	46
3.4.	Procedimento de Recolha de Dados In Loco – Situação em Portugal	47
3.4.1.	Atividades Preliminares e Instrumentação da Medição	47
3.4.2.	Procedimentos de Campo	48
3.4.3.	Controle de Qualidade e Verificação das Medições	50
3.4.4.	Condições Especiais e Critérios de Registo das Atividades	51
3.4.5.	Síntese Metodológica	52
3.5.	Dados de Produtividade Recolhidos	53
3.5.1.	Dados de Produtividade Recolhidos de Empresas – Situação Brasil	53
3.5.2.	Dados de Produtividade Recolhidos em Trabalhos de Contextos Académicos – Situação Portugal	54
3.5.3.	Amostra das Tabelas de Referência - SINAPI	55
3.5.4.	Amostra das Tabelas de Referência – Tabelas de rendimentos LNEC	57
3.5.5.	Padronização dos Dados	59
3.6.	Análise de Dados Obtidos	60
3.6.1.	Descrição das Amostras de Produtividade	61
3.6.2.	Primeiro Caso: Comparação Entre Dados Empíricos e Valores de Referência	62
3.6.3.	Segundo Caso: Análise de Proximidade em Relação aos Valores de Referência	63
3.6.4.	Terceiro Caso: Comparação do Esforço Produtivo por Unidade de Massa	64
3.6.5.	Comparação Final Entre os Resultados Brasileiros e Portugueses	65
4.	Resultados e Discussões	67
4.1.	Dados Utilizados no Contexto de Análise de Produtividade em Portugal	67
4.1.1.	Amostras Recolhidas In Loco de Portugal	67

4.1.2.	Amostra Proveniente das dissertações académicas realizadas em Portugal	70
4.2.	Dados Validados no Brasil	71
4.2.1.	Amostras Provenientes de Empresas Terceiras no Brasil com Foco em Edifícios Multifamiliares	72
4.2.2.	Amostras Provenientes de Empresas Terceiras no Brasil com Foco em Habitação Unifamiliar	73
4.2.3.	Amostra Proveniente de Empresa Terceira no Brasil com Foco em Reformas	75
4.2.4.	Amostra Proveniente de Empresa Terceira no Brasil com Foco em Galpões	77
4.3.	Análise Comparativa e discussão dos Resultados	78
4.3.1.	Comparação Entre os Valores Observados e os Valores de Referência	78
4.3.2.	Análise de Proximidade em Relação aos Valores de Referência	83
4.3.3.	Análise do Esforço Produtivo por Unidade de Massa	89
4.4.	Convergência de Resultados	91
4.4.1.	Convergência Geral de Resultados	91
4.4.2.	Convergência de Resultados na Validação dos Objetivos específicos	92
5.	Conclusões	95
5.1.	Considerações finais	95
5.2.	Contributos da Dissertação	96
5.3.	Recomendações Práticas	97
5.4.	Limitações da investigação	98
5.5.	Desenvolvimentos Futuros	99
	Bibliografia	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Inputs e Outputs</i>	06
Figura 2: Gráficos dos Índices de Produtividade	06
Figura 3: Exemplo SINAPI	12
Figura 4: Exemplo Tabela LNEC	17
Figura 5: Fluxograma Mão de Obra	21
Figura 6: Fluxograma Gestão e Planejamento	22
Figura 7: Fluxograma Características do Projeto	23
Figura 8: Fluxograma Condições do Ambiente de Trabalho	23
Figura 9: Fluxograma Logística e Suprimentos	24
Figura 10: Fluxograma Inovação e Tecnologia	25
Figura 11: Construção em Betão Armado e Alvenaria de Enchimento nas paredes	28
Figura 12: Fluxograma Gestão da Qualidade	32
Figura 13: Prensa de Medição	33
Figura 13: Defeitos no Piso Laminado	33
Figura 14: Comparação de Tijolos de Lotes Distintos	34
Figura 15: Patologias no Prumo da Alvenaria	36
Figura 16: Patologias Gerais na Alvenaria	37
Figura 17: Fluxograma Modelo de Pesquisa	45
Figura 18: Registo de Ponto Inicial	48
Figura 19: Acompanhamento da Execução	49
Figura 20: Medição Final da Produção	49
Figura 21: Área Executada Confirmada em Projeto	51
Figura 22: Execução de Verga	52
Figura 24: Exemplo de tabela de Rendimentos	56
Figura 23: Tabela de Rendimentos	58
Figura 26: Recolha de Dados In Loco	67
Figura 27: Checagem de Prumo In Loco	69
Figura 28: Execução da Alvenaria	70
Figura 29: Portugal – RUP Observada vs. Referencial LNEC por Amostra	79
Figura 30: Brasil – RUP Observada vs. SINAPI por Amostra (bloco 29x19x10 cm)	82
Figura 31: Indicadores Individuais h/bloco e h/kg	89
Figura 32: Distribuição do Indicador h/kg por Amostra	89
Figura 33: Comparação dos três indicadores de produtividade com médias ponderadas pela área executada	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de Rendimentos	10
Tabela 2: Análise de Mão de Obra Brasil e Portugal	20
Tabela 3: Resumo da utilização de tijolos e blocos	35
Tabela 4: Tolerâncias Admissíveis para Execução de Alvenaria	40
Tabela 5: Resumo das Formas de Controle para Alvenaria	41
Tabela 6: Situações de Recolha dos Dados	47
Tabela 7: Exemplo de Coleta de Dados	50
Tabela 8: Síntese Metodológica	53
Tabela 9: Amostras Brasil	54
Tabela 10: Amostras Portugal	55
Tabela 11: Valor dos Índices de rendimento tabelados SINAPI e LNEC	59
Tabela 12: Grupos de Amostras	61
Tabela 13: Recolha de Dados in Loco	68
Tabela 14: Resumo médio de Produtividade	69
Tabela 15: Produtividades obtidas a partir de dados publicados em trabalhos académicos	71
Tabela 16: Dados Brasileiros cedidos por empresas referentes à construção de Edifícios Multifamiliares	73
Tabela 17: Dados Brasileiros de Edifícios Unifamiliares	74
Tabela 18: Dados Brasileiros de Reformas	76
Tabela 19: Dados Brasileiros de Galpões	77
Tabela 20: Portugal Produtividade Resumo	79
Tabela 21: Dados de Produtividade real (RUP Observada) comparados com a Referência do SINAPI	81
Tabela 22: Índice de Proximidade por Amostra	84
Tabela 23: Brasil: índice de Proximidade por Amostra	86
Tabela 24: Condições de Eficiência de Trabalho	87
Tabela 25: Cruzamento Sistemático entre Objetivos e Evidências do Estudo	92

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Produtividade como relação entre output e input	05
Equação 2: Produtividade de mão de obra em função do volume executado	07
Equação 3: Consumo unitário de mão de obra em função do volume de serviço	07
Equação 4: Índice de comparação entre produtividade observada e produtividade de referência	60
Equação 5: Índice de comparação entre produtividades observadas em diferentes amostras	60
Equação 6: Índice de proximidade relativa face ao valor de referência	62
Equação 7: Produtividade média ponderada pela área executada (Brasil)	63
Equação 8: Consumo médio ponderado de horas-homem por área executada (Brasil)	64
Equação 9: Produtividade média ponderada de horas-homem por área executada (Portugal)	64
Equação 10: Consumo médio ponderado de horas-homem por área executada (Portugal)	65
Equação 11: Produtividade de referência média ponderada pela área executada (LNEC)	65

1. Introdução

1.1. Contexto e Motivação

A construção civil é um dos maiores setores da economia mundial, com despesas anuais na ordem dos 10 trilhões de dólares em bens e serviços associados. Apesar desta dimensão, a produtividade do setor tem ficado aquém de outras atividades econômicas durante décadas. O McKinsey Global Institute (2017) estima uma oportunidade anual de cerca de 1,6 trilhões de dólares para fechar este diferencial, com impactos diretos na capacidade de responder às necessidades globais de infraestruturas e habitação (Barbosa; Woetzel; Mischke, 2017; Olangunju, 2023).

Este desfasamento não é apenas uma percepção geral, sendo que o McKinsey Global Institute (2017) reporta que o crescimento médio anual da produtividade do trabalho na construção foi aproximadamente 1% nas últimas duas décadas, enquanto a economia mundial cresceu cerca de 2,8% e a indústria transformadora cerca de 3,6% no mesmo período, reforçando a persistência do problema. Em termos estruturais, a construção distingue-se por uma produção realizada em estaleiro, em ambiente variável com múltiplas interfaces, elevada dependência de subempreitadas e condicionantes operacionais que afetam o fluxo de trabalho, a coordenação e a previsibilidade de execução (Barbosa; Woetzel; Mischke, 2017; Qi *et al.*, 2024).

Para além das dificuldades operacionais, existe um ponto crítico que sustenta a problematização desta investigação: a medição da produtividade na construção civil apresenta limitações associadas à variabilidade inerente ao ambiente produtivo, à heterogeneidade das tipologias construtivas e às diferenças nos métodos de execução, o que compromete a comparabilidade direta entre contextos distintos. Thomas e Maloney (1990) argumentam que modelos e medições de produtividade devem refletir fatores reais de obra e não apenas relações simplificadas entre *output* e *input*, sob pena de se perder capacidade explicativa e de gestão. Esta questão se torna ainda mais relevante quando se pretende comparar desempenhos entre contextos nacionais distintos, pois os resultados dependem do indicador selecionado, dos critérios de medição e das condições assumidas. Vogl e Abdel Wahab (2014), ao criticarem comparações internacionais ao nível agregado, mostram que diferenças metodológicas e de enquadramento estatístico podem produzir conclusões inconsistentes se não forem explicitadas as limitações dos dados, as definições e os deflatores utilizados (Thomas *et al.*, 1990; Vogl; Abdel-Wahab, 2015).

Paralelamente, estudos internacionais reforçam o caráter multifatorial do fenómeno, de modo que Rivas *et al.* (2011) identificam e discutem fatores de produtividade com base em inquéritos a operários, mostrando como aspetos de gestão, planeamento, condições de trabalho e disponibilidades logísticas se associam a variações relevantes no desempenho. A necessidade de medir e controlar produtividade com maior rigor também é refletida em abordagens de monitorização e controlo, como a proposta de Navon (2005) que discute controlo automatizado de desempenho e o potencial de recolha de dados mais consistente para apoiar decisões de gestão. Uma revisão recente da literatura sobre produtividade do trabalho na construção confirma a diversidade de abordagens e a dispersão conceptual do tema, reforçando a

importância de critérios claros de medição e interpretação para tornar comparações mais robustas (Qi *et al.*, 2024).

É neste enquadramento que se consolida a problematização do presente trabalho. Na prática profissional e académica, recorre-se frequentemente a referenciais técnicos para estimativa e planeamento. No Brasil, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) estabelece metodologias e conceitos que suportam composições e coeficientes de mão de obra utilizados como referência em serviços de construção. Em Portugal, as tabelas de rendimento do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) disponibilizam publicações no domínio da economia da construção, incluindo fichas e informação técnica associada a rendimentos de operações, com utilidade para estimativas e análises. Contudo, estes referenciais podem divergir quanto ao escopo de tarefas incluídas, às condições assumidas, aos critérios de contabilização e ao propósito original, o que limita comparações diretas e pode induzir interpretações tecnicamente incorretas se não houver normalização e leitura crítica (Sinapi, 2025; Lneec, 2025).

Desta forma, o problema de investigação não consiste apenas em verificar diferenças numéricas entre índices de produtividade entre Brasil e Portugal, mas esclarecer o que cada índice representa, sob quais pressupostos são válidos e como as divergências devem ser interpretadas considerando a evidência científica sobre fatores de influência, perturbações e desafios de comparabilidade.

1.2. Objetivos Propostos

O objetivo geral deste trabalho consiste em comparar índices de produtividade de referência com dados reais observados em obras de execução de alvenaria no Brasil e em Portugal. Busca-se, dessa forma, avaliar a eficiência efetivamente verificada em ambientes reais de produção, bem como analisar até que ponto esses indicadores refletem a realidade prática. Além disso, o estudo pretende discutir a forma mais adequada de utilização desses índices como ferramentas de apoio ao planeamento e ao controle de obras.

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- Reunir e sistematizar os índices de produtividade de referência aplicáveis à execução de alvenaria em cada país, assegurando uma leitura coerente do que estes valores representam;
- Recolher e organizar dados de produtividade provenientes de medições *in loco* e de dados disponibilizados por terceiros, como empresas, teses, pesquisas e registos técnicos, garantindo consistência dos indicadores;
- Organizar e tratar os dados de produtividade observados nas amostras analisadas, de forma a permitir comparação com os referenciais, em unidades e indicadores consistentes;
- Comparar, de forma direta, os valores observados em obra com os valores de referência;
- Contrastar os sistemas construtivos adotados no Brasil e em Portugal, relacionando-os com as diferenças observadas nos índices de produtividade;

- Interpretar criticamente os desvios observados, considerando condições típicas de execução em obra, como organização das frentes, logística de materiais, composição da equipa e atividades complementares que podem afetar o desempenho;
- Analisar as implicações práticas dos resultados para a utilização de índices de produtividade na gestão de obra, evidenciando benefícios e limitações quando aplicados ao planeamento e ao controlo.

1.3. Metodologia de Investigação (Resumo)

A metodologia de investigação seguida neste trabalho foi estruturada para descrever, de forma clara e sistemática, as etapas que orientaram a realização da pesquisa, assegurando coerência entre os objetivos definidos e os meios utilizados para tais obtenções. O estudo concentra-se na execução de alvenaria, comparando índices de produtividade de referência com dados obtidos no Brasil e em Portugal, de modo a avaliar a eficiência efetivamente constatada e discutir como estes índices devem ser utilizados no planeamento e no controlo, incluindo os benefícios e limitações.

A abordagem metodológica adota um carácter misto, integrando uma vertente teórica e uma vertente empírica. A componente teórica enquadra o conceito de produtividade e suporta a leitura crítica dos referenciais técnicos adotados em cada país, com destaque para o SINAPI no Brasil e para as publicações de tabelas de rendimentos do LNEC em Portugal, clarificando o significado dos indicadores e os pressupostos associados. A componente empírica utiliza dados de produtividade obtidos por medições e registos de obra, complementados por dados fornecidos por terceiros, como estudo e pesquisas académicas, permitindo confrontar o desempenho real com os valores de referência.

No desenho de pesquisa, o trabalho adota a estratégia de estudo de caso múltiplo. Segundo Yin (2001), o estudo de caso é apropriado para compreender fenómenos contemporâneos em contexto real, sobretudo quando as fronteiras entre fenómeno e contexto não são nítidas e quando se pretende responder a questões do tipo como e porquê (Yin, 2001). A opção por casos múltiplos permite observar o mesmo fenómeno em diferentes situações e comparar casos por lógica, reforçando a robustez das conclusões. Assim, cada obra, amostra ou conjunto de registos analisados constitui um caso, possibilitando identificar convergências e divergências entre produtividade observada e produtividade de referência, bem como discutir as condições em que os índices se mostram mais úteis ou exigem maior cautela interpretativa.

Esta opção metodológica é ainda sustentada pela lógica de replicação analítica proposta por Yin (2001), segundo a qual cada caso funciona como uma unidade de análise independente, permitindo confirmar padrões esperados ou revelar contrastes teóricos. No contexto específico desta investigação, essa lógica é particularmente relevante, uma vez que a produtividade da alvenaria varia em função de fatores como tipologia do edifício, organização das equipas, contexto nacional de referência, entre outros. A análise de múltiplos casos permite, assim, verificar se os desvios observados face aos valores do SINAPI e a LNEC se reproduzem em diferentes condições de execução, distinguindo variações contextuais de padrões consistentes de desempenho e reforçando a validade analítica das inferências produzidas.

Este capítulo apresenta o tipo de pesquisa e a respetiva justificação, delimita o escopo e os parâmetros de comparabilidade, descreve os procedimentos de recolha de dados in loco e de seleção de dados provenientes de outras fontes. Por fim, explicita o procedimento de análise, no qual os resultados observados são comparados com os índices de referência e discutidos à luz das condições de execução e das implicações para a gestão de obra.

1.4. Organização da Dissertação

O Capítulo 1 apresenta a introdução da pesquisa, contextualizando o tema da produtividade na construção civil e destacando sua relevância no cenário atual do setor. É discutida a problemática atual que envolve o tema de pesquisa e as motivações que orientaram o desenvolvimento do estudo, bem como os objetivos gerais e específicos que norteiam a investigação. O capítulo também apresenta a justificação do trabalho, evidenciando sua contribuição académica e prática, além de uma visão geral da abordagem metodológica adotada. Por fim, é descrita a estrutura do trabalho, situando o leitor quanto à organização dos capítulos subsequentes.

No Capítulo 2 é desenvolvido o referencial teórico que sustenta a pesquisa. São abordados os principais conceitos relacionados à produtividade na construção civil com ênfase nos métodos de medição baseados em hora-homem por unidade de medição, bem como nos fatores que influenciam o desempenho produtivo da mão de obra. O capítulo contempla ainda uma discussão sobre características gerais dos processos construtivos e das atividades de acabamento, estabelecendo a base conceitual necessária para a análise comparativa proposta.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia da pesquisa, descrevendo o enquadramento metodológico adotado, os procedimentos de recolha e tratamento dos dados e as fontes de informação utilizadas. São detalhados os critérios de seleção das amostras, a organização dos dados, os indicadores de produtividade analisados e os procedimentos adotados para assegurar a comparabilidade entre os diferentes contextos estudados. Este capítulo explicita também as limitações da investigação e os cuidados metodológicos adotados ao longo do trabalho.

O Capítulo 4 é dedicado à apresentação e análise dos resultados obtidos. Os dados de produtividade são organizados, comparados e interpretados à luz do referencial teórico e dos contextos construtivos analisados. A discussão centra-se na identificação de padrões, variações e tendências observadas nos índices de produtividade, bem como na análise dos fatores técnicos, organizacionais e operacionais que influenciam o desempenho da mão de obra nos diferentes casos considerados.

Por fim, o Capítulo 5 reúne as conclusões da pesquisa, sintetiza os principais resultados e avalia o alcance aos objetivos propostos. São discutidas as contribuições do estudo para a compreensão da produtividade na construção civil, bem como são apresentadas as considerações finais e recomendações de carácter técnico e metodológico. O capítulo encerra o trabalho com sugestões para pesquisas futuras que possam aprofundar ou ampliar as análises desenvolvidas.

2. Estado da Arte

Este capítulo de revisão da literatura apresenta conceitos relevantes para a pesquisa, explorando de início o assunto mais abrangente para posteriormente se concentrar na informação e conteúdo mais específico.

2.1. Enquadramento Geral

Historicamente, a produtividade tem sido um dos principais vetores de análise e melhoria na construção civil. Embora amplamente utilizada, a noção de produtividade assume interpretações e metodologias distintas conforme o contexto, a cultura organizacional e o estágio de desenvolvimento tecnológico de cada país. Em termos gerais, a produtividade expressa a eficiência do processo construtivo, ao relacionar o que é produzido (*output*) com os recursos e esforços empregados (*input*). Esta relação pode ser formalmente representada pela Equação 1, em que a produtividade corresponde ao quociente entre o *output* obtido e o *input* consumido no processo produtivo.

$$\text{Produtividade} = \text{Output} / \text{Input} \quad (1)$$

Na prática de obra, esta eficiência materializa-se nos rendimentos das equipas e das atividades, isto é, no ritmo com que a produção é realizada em função do esforço e do tempo disponíveis, o que condiciona diretamente custos, prazos e a qualidade final dos empreendimentos (Ramos, 2003).

2.2. O Conceito de Rendimentos e Produtividades

A produtividade constitui um pilar central da eficiência organizacional e é amplamente utilizada como indicador de desempenho em diferentes setores económicos. Conforme Drucker (2001), produtividade deve ser entendida como a eficiência com que os recursos são convertidos em valor, não se limitando ao volume produzido. Complementarmente, Sink e Tuttle (1989) reforçam que a leitura do desempenho é multidimensional e que a produtividade precisa ser interpretada no interior de um sistema produtivo, no qual recursos entram, são transformados e geram bens ou serviços.

Schreyer e Pilat (2003) destacam que diferentes escolhas de fronteira do sistema, critérios de aceitação e regras de contabilização podem produzir valores distintos para o mesmo fenómeno, tornando a comparabilidade um requisito central quando se pretende confrontar resultados entre obras, períodos ou fontes de referência (Ahmad *et al.*, 2003). Em termos de gestão de operações, sintetiza-se essa lógica por meio do modelo *input*–transformação–*output*, em que a produtividade se situa como uma leitura quantitativa da relação entre recursos aplicados e resultados obtidos, sendo este enquadramento frequentemente ilustrado por esquemas de sistema produtivo, conforme a Figura 1.

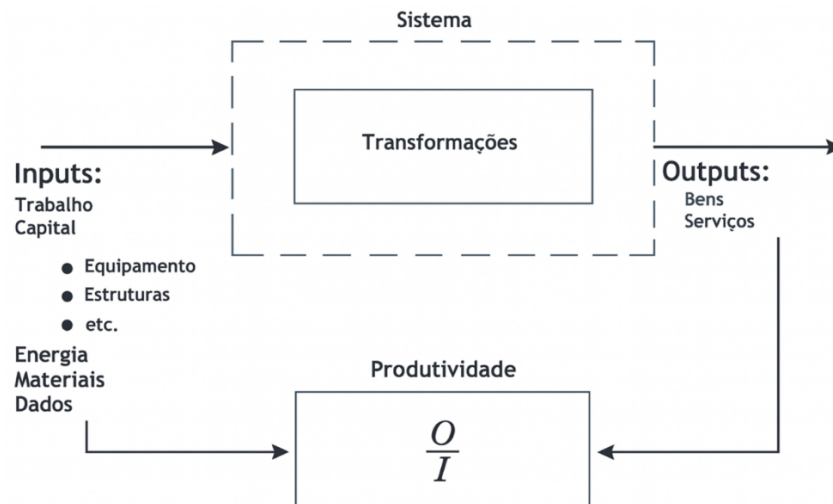


Figura 1: *Inputs e Outputs*

Fonte: Sink;Tuttle (1989).

No setor da construção, a mesma lógica se mantém, mas a operacionalização torna-se mais sensível ao contexto, devido às características da produção em obra, como a variabilidade, as interfaces entre equipas, as frentes temporárias e as restrições de espaço e logística. Conforme Shehata e El-Gohary (2011), por razões de aplicação prática e disponibilidade de dados, é frequente adotar-se a produtividade do trabalho como métrica operativa, relacionando quantidade produzida com horas de trabalho, o que permite acompanhar desempenho de equipas e atividades apoiando decisões de gestão (Shehata; El-Gohary, 2011). Nesta mesma linha, Thomas e Yiakoumis (1987) e Park *et al.* (2006) mostram que a produtividade observada em atividades intensivas em mão de obra é influenciada por fatores de contexto e gestão, o que explica a necessidade de interpretar os valores sempre à luz das condições de execução.

Assim, mantendo-se a mesma fronteira de medição, o rendimento corresponde à forma inversa da produtividade do trabalho: enquanto a produtividade expressa produção por unidade de esforço (por exemplo, m²/hh), o rendimento expressa esforço por unidade produzida (por exemplo, hh/m²), conforme a Figura 2.

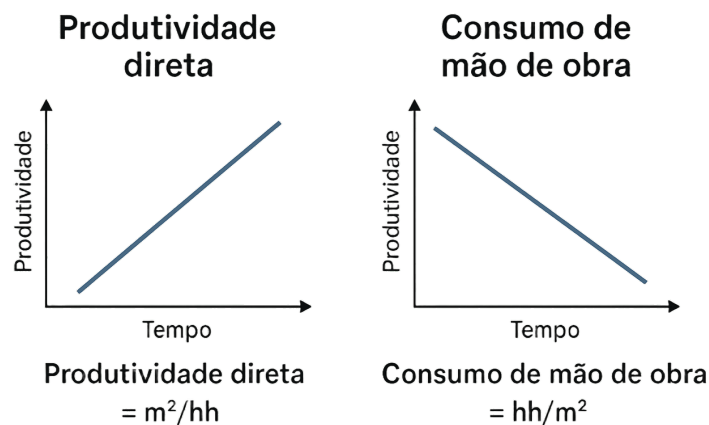


Figura 2: Gráficos dos Índices de Produtividade

RUP (Rendimento Unitário de Produção) é o indicador que expressa o consumo de mão de obra necessário para executar uma unidade de serviço, calculado pela razão entre o total de horas-homem despendidas e a quantidade de serviço executada (hh/unidade). Trata-se, portanto, do inverso da produtividade direta: enquanto esta mede quanto se produz por hora trabalhada, o RUP mede quantas horas são consumidas por unidade produzida. Neste trabalho, o RUP é adotado como métrica de comparação entre os valores observados em obra e os referenciais técnicos do SINAPI e do LNEC, sendo expresso em horas-homem por metro quadrado (hh/m²).

Na escala de atividade, a produtividade da mão de obra é normalmente expressa como a razão entre a quantidade executada e o total de horas-homem despendidas, permitindo avaliar objetivamente o desempenho de equipas em serviços específicos (Shehata; El-Gohary, 2011). Assim, pode-se representar a produtividade direta pela Equação 2, e, de forma equivalente, utilizar o indicador inverso, também designado consumo unitário de mão de obra ou rendimento (hh/unidade), apresentado na Equação 3; mantendo-se a mesma fronteira de medição, ambos traduzem o mesmo fenómeno sob leituras complementares, sendo a primeira orientada ao ritmo de entrega (unidade/hh) e a segunda ao esforço necessário (hh/unidade), como é usual em tabelas de rendimentos, como a SINAPI e a LNEC (Huang; Chapman; Butry, 2009).

$$\text{Produtividade} = (\text{Volume de Serviço Executado})/(\text{Total de Horas Homem Trabalhada}) \quad (2)$$

$$\text{Consumo de Mão de Obra} = (\text{Horas Homem Trabalhadas})/(\text{Serviço Executado}) \quad (3)$$

Em coerência com a leitura sistémica da produção, Koskela (1992) reforça que o desempenho produtivo em obra reflete também a estabilidade do fluxo e gestão de restrições, razão pela qual produtividade e rendimentos devem ser apresentados em conjunto para permitir interpretação e comparação tecnicamente robustas.

2.3. Métodos de Medição da Produtividade em Obras

A mensuração da produtividade na construção civil está diretamente condicionada à forma como os dados de campo são coletados e tratados. Após a definição dos conceitos de produtividade e rendimentos, torna-se evidente que a transformação de dados reais de obra em indicadores comparáveis depende de procedimentos de medição consistentes, sistemáticos e tecnicamente fundamentados. Em outras palavras, os rendimentos observados em campo apenas se tornam indicadores quando são medidos, estruturados e normalizados de forma adequada, permitindo sua posterior consolidação em tabelas de referência e sua utilização em análises comparativas.

- Observação direta e cronometragem: envolve o acompanhamento presencial da execução de tarefas, com o registo dos tempos gastos. É eficaz para análises pontuais,

mas pode ser afetada por variáveis externas como clima ou interferências de obra (Huang, Chapman & Butry 2009).

- Registos operacionais (diários de obra): permitem o controlo diário das atividades executadas, facilitando o acompanhamento contínuo da produtividade ao longo da obra (Huang, Chapman & Butry 2009).
- Estudos de tempos e métodos: baseiam-se na decomposição das tarefas em etapas mínimas, medindo cada uma delas para otimizar os movimentos e reduzir desperdícios (Huang, Chapman & Butry 2009).
- Tecnologias digitais: o uso de sistemas de gestão, sensores e modelos *Building Information Modeling* (BIM) tem transformado a forma de coletar e analisar dados, oferecendo métricas em tempo real e maior precisão nos indicadores (Huang, Chapman & Butry 2009).
- Indicadores *Lean*: como o Percentual de Plano Cumprido (PPC), oriundo do sistema *Last Planner*, que mede o quanto do planejado foi efetivamente realizado, promovendo um ciclo contínuo de aprendizado e melhoria (Ballard; Howell, 2003).

Na prática, a coleta de dados em campo baseia-se na observação direta das equipas durante a execução das atividades, sendo estruturada a partir de três variáveis fundamentais: (i) a quantidade de serviço executado, (ii) o tempo efetivamente trabalhado e (iii) o número de trabalhadores envolvidos. Esse modelo de medição é amplamente adotado em estudos de produtividade na construção, especialmente em abordagens baseadas em produção unitária, conforme consolidado por Kramer (1988).

A operacionalização desse processo ocorre por meio do registo sistemático das variáveis ao longo de um período de observação definido. A quantidade produzida é medida em unidades físicas (como m² no caso de revestimentos), o tempo corresponde à duração efetiva da atividade e o número de trabalhadores permite converter esse tempo em horas-homem. A partir desses elementos, obtém-se o esforço total despendido (hh) e, conseqüentemente, os índices de produtividade.

Como exemplo prático, considere a execução de reboco interno. Supondo que uma equipa composta por dois operários execute 40 m² de revestimento ao longo de uma jornada de 8 horas. O esforço total corresponde a 16 horas-homem (2 trabalhadores × 8 horas). A produtividade será, portanto, de 2,50 m²/hh (40 ÷ 16) ou, de forma inversa, 0,40 hh/m² (16 ÷ 40), representando o desempenho da equipa nas condições específicas observadas.

Em medições mais rigorosas, é comum distinguir entre tempo produtivo e improdutivo, podendo-se excluir ou analisar separadamente períodos de espera, retrabalho ou interferências, conforme o objetivo da análise. Adicionalmente, os fatores como método de aplicação, espessura do revestimento, organização do canteiro e qualificação da mão de obra influenciam diretamente os resultados obtidos, sendo frequentemente considerados como variáveis explicativas em estudos mais aprofundados (Thomas; Yiakoumis, 1987).

A diversidade de métodos de medição da produtividade evidencia que a escolha da abordagem influencia diretamente a qualidade, a consistência e a aplicabilidade dos dados obtidos. Dessa forma, a compreensão das características, potencialidades e limitações de cada método torna-se fundamental para interpretar corretamente os indicadores de produtividade e

sustentar análises comparativas entre diferentes referenciais técnicos, conduzindo, no tópico seguinte, à discussão dos sistemas normativos utilizados como base para a avaliação da produtividade da mão de obra.

2.4. Índices de Produtividade

Para além do seu papel operacional, os indicadores de produtividade assumem relevância estratégica ao permitirem análises comparativas entre obras, empresas e diferentes contextos construtivos. Contudo, a interpretação correta desses índices depende do entendimento das premissas metodológicas que orientam a definição e aplicação, como o escopo das atividades consideradas, o nível de detalhamento do serviço e a forma de contabilização dos recursos (Vasco, 2011).

2.4.1. Rendimento em Alvenarias

O rendimento em alvenarias deve ser tratado como um recorte específico, visto que a execução de paredes é uma operação intensiva em mão de obra, com elevada dependência do fluxo de trabalho e da estabilidade da frente. Na prática, o consumo em HH/m² é fortemente influenciado por atributos do próprio serviço, como tipo de trabalho e elemento executado, método construtivo, exigências de projeto e condições ambientais, fatores que foram sistematizados de forma objetiva por Sanders e Thomas (1991) ao estudar produtividade em alvenaria.

Isso significa que variações aparentemente pequenas no contexto, por exemplo, painéis com muitas aberturas, necessidade de cortes, restrições de acesso/andaimes e mudanças no abastecimento do posto, tendem a aparecer diretamente como aumento do HH/m², mesmo sem alteração da equipa, pois introduzem interrupções, microajustes e tempos não produtivos que o indicador inevitavelmente absorve.

A literatura internacional reforça que, em alvenarias, a variabilidade do rendimento é uma característica recorrente e mensurável, o que justifica a necessidade de interpretar índices como parâmetros condicionados ao ambiente produtivo. Enshassi *et al.* (2007) propõem um enquadramento de *benchmarking* para alvenaria e mostra com dados de projetos reais as amplitudes relevantes de produtividade, consumo e a distinção entre desempenho base e períodos anormais associados a perturbações do processo. Esse tipo de evidência sustenta, com dados, uma premissa essencial que comparar rendimentos requer compreender o que está por trás do número (condições de execução e premissas de medição), sob pena de interpretar como ineficiência aquilo que, na prática, é consequência de restrições de frente, logística, interferências e requisitos de execução.

Outro ponto crítico para alvenarias em edifícios é que o rendimento pode evoluir ao longo do tempo por efeito de aprendizagem, sobretudo quando a obra apresenta ciclos repetitivos (pavimento a pavimento). Jarkas (2016) analisa diretamente o efeito de aprendizagem em *blockwork* repetitivo e demonstra que a produtividade não tende a ser estacionária ao longo da execução, o que tem implicações diretas no planeamento: adotar um único HH/m² constante para todo o período pode superestimar necessidades no meio/fim da

obra ou subestimar no arranque, dependendo das condições e da estabilização do método. Assim, em alvenarias, discutir rendimento envolve também discutir estabilidade do método e repetição de ciclos, porque isso altera o padrão de consumo de HH ao longo do tempo.

A literatura também mostra que ganhos de rendimento em alvenaria não dependem apenas de mais pessoas ou de maior esforço, mas de intervenções no processo produtivo que reduzam o trabalho não agregador e estabilizem o fluxo. Abbasian-Hosseini, Nikakhtar e Ghoddousi (2014), avaliam o processo de *bricklaying* por meio de simulações apoiadas em estudos de tempos e mostram como princípios *lean* podem revelar oportunidades de melhoria associadas à parcela de trabalho não agregadora, reforçando a leitura do HH/m² como resultado do sistema e não apenas do trabalhador. Este enquadramento fornece base científica para, na sequência desse tuacapítulo, operacionalizar a leitura de rendimentos em tabelas e exemplos numéricos, e depois consolidar como esses índices alimentam estimativas de recursos e metas de produção quando convertidos em horas necessárias e produção diária esperada, preparando a ligação final entre rendimento, decisões de equipa e estruturação do planeamento (Abbasian-Hosseini; Nikakhtar; Ghoddousi, 2014; Vantan *et al.*, 2021).

Os rendimentos podem ser expressos de duas maneiras matematicamente equivalentes, porém com leituras distintas: a produtividade direta, expressa em unidades produzidas por hora-homem (por exemplo, m²/HH), e o consumo de mão de obra, expresso em horas-homem por unidade de produção (por exemplo, HH/m²). Esta última forma é a mais recorrente em sistemas de custos e planeamento, pois permite estimar diretamente a necessidade de mão de obra a partir do quantitativo de serviço a executar, integrando-se de forma objetiva às composições orçamentárias e ao dimensionamento das equipas.

Se uma equipa é composta por quatro trabalhadores com jornada diária de oito horas, tem-se uma disponibilidade total de 32 hh por dia. Dividindo-se esse valor pelo consumo de mão de obra, obtém-se uma produção diária estimada de aproximadamente 41,6 m²/dia ($32 \div 0,7667$), conforme demonstrada na Tabela 1. Esse tipo de leitura permite relacionar diretamente o rendimento ao planeamento da produção e à previsão de prazos.

Tabela 1: Exemplo de Rendimentos

Atividade	Índice de Rendimento (HH/m ²)	Nº de trabalhadores	Jornada (h/dia)	HH Disponíveis por Dia	Produção Diária Estimada (m ² /dia)	Interpretação
Alvenaria	0,77	4	8	32	$32/0,77=41,6$	Produção estimada considerando rendimento de referência e condições adequadas de execução

Além disso, é importante ressaltar que o rendimento hora-homem em obra (HH/unidade) não se comporta como uma constante, porque reflete o sistema de produção real e as perdas que ocorrem ao longo do dia. A literatura clássica de produtividade na construção enfatiza que a variação do rendimento está ligada tanto a fatores de gestão quanto ao ambiente do projeto: Tucker (1986) já discutia a produtividade como um fenômeno de gerência, sensível a organização, coordenação e condições de execução.

Complementarmente, formaliza-se a ideia de *baseline productivity*, destacando que o desempenho base piora quando o ambiente se torna mais complexo e sujeito a perturbações (Tucker, 1986; Thomas; Zavrski, 1999). Alinhado a este enquadramento, estudos de *benchmarking* em alvenaria, como o de Enshassi (2007), mostram que o consumo de trabalho por unidade varia significativamente entre projetos e que parte dessa variação é explicada por índices de perturbação/desempenho associados à gestão e às condições de produção (Enshassi *et al.*, 2007).

Considerando o nível operacional, a deterioração do rendimento costuma ocorrer por interrupções e quebras de fluxo: esperas por materiais, interferências entre frentes, retrabalho, deslocamentos e reconfiguração de posto, além de limitações de acesso e sequenciamento inadequado. As revisões e levantamentos empíricos organizam essas causas em grupos recorrentes (mão de obra, gestão, condições de trabalho, características do projeto e fatores externos), reforçando que o que se mede depende do contexto e do método de medição (Vantam *et al.*, 2020).

Para tornar essas perdas visíveis, abordagens como *work sampling*, abordagens que são usadas para decompor o tempo em categorias e discutir produtividade com base em evidência. No mesmo sentido, Neve (2020), relaciona a parcela de trabalho direto com produtividade agregada, reforçando que ganhos de desempenho passam por reduzir tempos não produtivos e estabilizar o fluxo (Neve *et al.*, 2020). Esse enquadramento das condicionantes prepara a leitura crítica dos rendimentos de referência e sustenta a ligação entre índices, decisões de recursos e organização do planejamento que será desenvolvida adiante.

2.4.2. Tabelas de Produtividade no Brasil

No Brasil, duas referências principais são amplamente utilizadas na prática orçamentária e na gestão da produção: a SINAPI, que é mantida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em parceria com a Caixa Econômica Federal (CEF), e o TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamentos), de modo que ambas servem como base para estimar a produtividade, composições de serviços e o controle de custos.

A SINAPI, além de fornecer preços atualizados de insumos em todas as unidades federativas, apresenta composições de serviços com estimativas de consumo de materiais e mão de obra, as quais são frequentemente utilizadas como referência de produtividade padrão, especialmente em obras públicas, é possível identificar a descrição da atividade de alvenaria de vedação e seus respectivos insumos, tal como a hora homem do pedreiro para o assentamento do metro quadrado de alvenaria (Silva, 2023).

A TCPO contém composições mais detalhadas e amplamente adotadas na iniciativa privada, reconhecida como uma fonte rica de informações sobre o tempo necessário para a execução de diversos serviços e respectivas produtividades médias, com base em estudos técnicos e experiência de mercado (Silva, 2023).

Apesar da existência dessas fontes, a aplicação prática dos dados depende fortemente da realidade específica de cada obra, incluindo os fatores como clima, qualificação da equipe, equipamentos disponíveis e métodos construtivos adotados podem alterar significativamente os valores reais de produtividade, o que reforça a necessidade de medições próprias em campo para maior precisão.

O SINAPI constitui a principal base de referência de custos, insumos e composições unitárias da construção civil no Brasil, e foi criado a partir de um Acordo de Cooperação Técnica entre a CEF e o IBGE. O sistema opera de forma contínua, produzindo mensalmente séries de preços, produtividades implícitas e indicadores que orientam orçamentos, contratos e análises de viabilidade de empreendimentos públicos, o que lhe confere relevância institucional incontestável, especialmente por ser utilizado como base obrigatória para obras financiadas com recursos federais e como referência normativa em diversos órgãos públicos (Sinapi, 2025).

2.4.2.1. Estrutura Metodológica - SINAPI

O SINAPI está pautado conforme determina a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei nº 12.462/2011 que discorre sobre o Regime Diferenciado de Contratações. A base de dados do sistema é estruturada em três blocos fundamentais e interdependentes: (i) insumos, com fichas de especificação técnica detalhadas, normas técnicas associadas e parâmetros de aplicação; (ii) composições de serviços, que vinculam insumos, coeficientes de consumo, rendimentos de mão de obra e custos unitários; e (iii) indicadores agregados, tais como encargos sociais, encargos complementares, horas efetivamente trabalhadas e produtividade padrão por serviço (Brasil, 2011).

Esta arquitetura é consolidada nos documentos oficiais do sistema, o Livro de Metodologias e Conceitos, o Livro de Cálculos e Parâmetros e o catálogo de Fichas de Especificação Técnica de Insumos, que definem as hipóteses de cálculo, os coeficientes de produção e as unidades de medida que compõem a matriz de custos do SINAPI (Sinapi, 2014a; Sinapi, 2025; Barbosa; Silva; Cavalcanti, 2021).

As composições de serviços são o núcleo operacional do SINAPI, conforme a Figura 3. Cada composição representa a descrição técnica e econômica de um serviço elementar de construção civil, detalhando os recursos necessários para sua execução em condições padronizadas. A estrutura de uma composição é formada pelos seguintes elementos:

VÍNCULO : CAIXA REFERENCIAL									
MATERIAL	:	168,53	86,4746497 %						
MAO DE OBRA	:	26,35	13,5253503 %						
TOTAL COMPOSIÇÃO	:	194,88	100,0000000 %	-	ORIGEM DE PREÇO: AS				
TOTAL DO TIPO1 : 2									
TIPO1 : 2470 - EMBASAMENTOS									
101165	ALVENARIA DE EMBASAMENTO COM BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO, DE 14X19X29CM E	M3							
	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020								
I	34566 BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 29 CM, FBK 6 MPA (NBR 6136)	UN	CR	122,2700000	4,27	522,09			
C	87292 ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA M3	CR		0,1300000	618,76	80,43			
	EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO								
	COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019								
C	88309 PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	10,2630000	28,15	288,90			
C	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	5,1320000	20,67	106,07			
	EQUIPAMENTO	:		0,31	0,0310823 %				
	MATERIAL	:		681,57	68,3280695 %				
	MAO DE OBRA	:		315,45	31,6248057 %				
	OUTROS	:		0,16	0,0160425 %				
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:		997,49	100,0000000 %	-	ORIGEM DE PREÇO: CR		
101166	ALVENARIA DE EMBASAMENTO COM BLOCO ESTRUTURAL DE CERÂMICA, DE 14X19X29CM E	M3							
	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020								
I	34586 BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO DE 14 X 19 X 29 CM (L X A X C) E 6,0 MPA	UN	CR	122,2700000	1,95	238,42			
C	87292 ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA M3	CR		0,1300000	618,76	80,43			
	EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO								
	COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019								
C	88309 PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	8,3440000	28,15	234,88			
C	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	4,1720000	20,67	86,23			

Figura 3: Exemplo de tabela de rendimentos da SINAPI

Fonte: SINAPI (2025)

a) Código e descrição do serviço

Cada composição possui um código alfanumérico único no sistema e uma descrição técnica precisa que especifica o tipo de serviço, o material predominante, as condições de aplicação e a unidade de medida (ex.: m², m³, m, un, kg).

b) Materiais e coeficientes de consumo

Os insumos são os materiais, equipamentos e categorias de mão de obra que compõem o serviço. Para cada insumo, a composição define um coeficiente de consumo, quantidade do insumo necessária por unidade do serviço, derivado de estudos técnicos, medições em campo e literatura de engenharia de custos. Esses coeficientes incorporam perdas normais de execução (desperdício técnico admissível), que variam conforme o tipo de material e a natureza do serviço.

c) Rendimento de mão de obra

O rendimento representa a capacidade produtiva da equipa de trabalho por unidade de tempo (geralmente a jornada diária de 8 horas), comumente expresso como a quantidade de serviço executável por equipe/dia, sendo inversamente proporcional ao coeficiente de produtividade da mão de obra. As composições adotam condições de execução padrão que pressupõem que as equipas com composição predefinida (pedreiro + servente), condições climáticas e ambientais normais, acesso adequado ao local de trabalho, ferramental mínimo disponível e continuidade da frente de serviço.

d) Custo horário da mão de obra

O custo da mão de obra é calculado a partir do salário normativo de cada categoria profissional, acrescido dos encargos sociais correspondentes à localidade que variam por estado em razão de convenções coletivas de trabalho distintas. A CEF publica mensalmente as tabelas de salários e encargos por Unidade da Federação, permitindo que o custo final da composição reflita as condições do mercado regional de trabalho. Entre esses encargos inclui-se ainda um percentual relativo a dias de chuva, fator que afeta diretamente a produtividade da mão de obra.

e) Custo unitário da composição

O custo total de cada composição é apurado pela soma do custo dos materiais (quantidade $\times$ preço unitário do insumo) com o custo da mão de obra (horas necessárias $\times$ custo horário da categoria), podendo ainda incluir custo de equipamentos (hora-máquina ou hora-equipamento). O resultado é expresso na unidade de medida do serviço (ex.: R/m², R/m², R/m², R/m³).

O sistema distingue dois tipos principais de composições, subdivididos em Composições Analíticas, que são básicas e indivisíveis do sistema, nas quais todos os insumos, materiais, mão de obra e equipamentos, estão explicitados com seus respectivos coeficientes, além de constituírem a menor unidade de custo do SINAPI servindo de base para composições de nível superior; e as Composições Sintéticas que também são reconhecidas como compostas, devidamente formadas pelo agrupamento de composições analíticas, representando serviços mais complexos ou etapas de obra que envolvem múltiplas atividades encadeadas. Por exemplo, a composição sintética de alvenaria de vedação em bloco cerâmico pode englobar composições analíticas de preparo de argamassa, assentamento de blocos e limpeza final.

Os encargos sociais representam o conjunto de obrigações legais e convencionais incidentes sobre a folha de pagamento da construção civil. No SINAPI, esses encargos são calculados separadamente para cada regime de contratação e para cada estado, em razão da variação das convenções coletivas trabalhistas.

Os encargos são classificados em: (i) encargos básicos, compreendendo Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), Serviço Social do Comércio (SESC), Serviço Social da Indústria (SESI), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e Salário-Educação; (ii) encargos que recebem as incidências dos básicos, como repouso semanal remunerado, feriados, auxílio-enfermidade, licença-paternidade e faltas justificadas; (iii) encargos que não recebem incidências, como aviso prévio indenizado e FGTS sobre aviso prévio; e (iv) encargos complementares, incluindo ferramentas, Equipamento de Proteção Individual (EPI), seguro de vida, vale-transporte e refeição, quando previstos em convenção coletiva estadual.

A taxa global de encargos sociais varia tipicamente entre 100% e 130% do salário-base, dependendo da Unidade da Federação e da categoria profissional. Esse percentual é aplicado sobre o custo direto de mão de obra para obter o custo total da mão de obra em cada composição,

sendo que os rendimentos de mão de obra e coeficientes de consumo das composições são submetidos a um processo contínuo de validação técnica coordenado pela CEF.

Esta dinâmica envolve a análise por câmaras técnicas compostas por especialistas em engenharia de custos, medições em obras de referência com coleta de dados de produtividade em canteiros reais, comparação com publicações técnicas consagradas, como a TCPO da editora Pini e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e consultas públicas que permitem a contribuição de profissionais, empresas e órgãos de fiscalização. As composições são atualizadas periodicamente, e cada revisão é documentada com indicação da data de vigência. Os preços dos insumos, por sua vez, são pesquisados mensalmente pelo IBGE em cada capital estadual, assegurando que os custos reflitam a realidade do mercado regional (Sinapi, 2025; CEF, 2025).

2.4.2.2. Produtividade Implícita e Limitações - SINAPI

Embora amplamente utilizado, o SINAPI não tem foco primário na mensuração da produtividade real de campo, tendo em vista que os índices de rendimento são definidos com base em modelos teóricos, estudos setoriais, levantamentos históricos e validações por engenharia de custos, mas não representam medições sistemáticas de produtividade em canteiros contemporâneos, tampouco capturam variabilidade regional, tecnológica ou organizacional (Barbosa; Silva; Cavalcanti, 2021).

Esta característica impõe uma limitação importante acerca de os rendimentos do SINAPI não serem obtidos diretamente por meio de observação empírica da produção, mas sim inferidos a partir das composições-tipo e das relações insumo–serviço. Consequentemente, existe um afastamento natural entre o rendimento referencial do SINAPI e o rendimento obtido efetivamente em obras específicas, especialmente em sistemas construtivos modernos, projetos com elevada repetibilidade ou operações fortemente influenciadas por práticas de *Lean Construction*.

Além disso, os coeficientes de produtividade utilizados pelo sistema assumem uma lógica de estabilidade operacional que não necessariamente reflete as condições reais da construção civil brasileira, marcadas por variabilidade significativa entre empresas, regiões, níveis de qualificação da mão de obra e intensidade de mecanização.

2.4.2.3. Impacto da Padronização - Brasil

A padronização rígida, fundamental para a consistência estatística do SINAPI, constitui simultaneamente uma de suas maiores limitações para estudos de produtividade. Ao calibrar composições para um cenário teórico “padrão”, o sistema desconsidera:

- Flutuações produtivas causadas por fatores climáticos, logísticos ou ergonômicos;
- Diferentes métodos construtivos empregados entre regiões;
- Variação de desempenho entre equipes e subempreiteiros;
- Impactos de inovação, industrialização e tecnologias de execução;
- Efeitos do sequenciamento e da interação entre atividades.

Enquanto no Brasil as composições do SINAPI servem como *proxy* para estudos comparativos de produtividade, em Portugal o LNEC adota metodologias distintas, priorizando a caracterização experimental, a observação em campo e a validação prática de rendimentos. Essa diferença metodológica evidencia a importância de se compreender criticamente as bases de cálculo adotadas por cada país ao realizar comparações internacionais de desempenho produtivo (Sinapi, 2025).

2.4.3. Tabelas de Produtividade em Portugal

Em Portugal, o cenário de medição da produtividade também conta com composições de preços referenciais, sendo as mais conhecidas o Sistema de Informação para Gestão de Obras Públicas (SIGO) e as bases disponibilizadas por entidades como o LNEC e empresas de consultoria técnica.

Além da produtividade por atividade, é comum o uso de indicadores agregados para análise de eficiência por tipologia de obra (habitação, infraestrutura, reabilitação), e o cruzamento com parâmetros de custo e prazo. O planeamento detalhado, em muitos casos baseado em modelos digitais integrados, contribui para estimativas mais realistas e monitoramento contínuo dos desvios produtivos.

Há décadas, o LNEC desempenha um papel central na normalização, estudo e disseminação de conhecimentos técnicos para o setor da construção em Portugal. Entre as publicações de maior impacto está a série Informação sobre Custos, iniciada em 1968 e periodicamente atualizada, cujo objetivo é fornecer valores de referência de rendimentos, consumos e custos para as operações mais usuais na construção de edifícios e obras públicas. A atual consolidação desta série, reunida no documento NS77, Informação sobre Custos: Fichas de Rendimentos, constitui uma base de cerca de 2.712 fichas de operações de construção, cobrindo desde trabalhos de infraestrutura até acabamentos e instalações técnicas.

2.4.3.1. Estrutura Metodológica e Organização das Fichas - LNEC

O LNEC é o organismo público português responsável pela investigação científica e técnica aplicada à construção civil, tutelado pelo Ministério das Obras Públicas e fundado em 1946. No contexto da orçamentação de obras públicas, o LNEC desenvolveu um sistema de composições de preços unitários que serve de base para a elaboração de estimativas orçamentais, fichas de rendimentos e análise de custos de construção em Portugal, sendo amplamente adotado por projetistas, empreiteiros e entidades adjudicantes.

A metodologia de custos do LNEC organiza-se a partir de três elementos centrais: (i) as fichas de rendimentos, que estabelecem os consumos unitários de mão de obra, materiais e equipamentos por unidade de trabalho; (ii) as composições de preços, que agregam esses consumos aos respetivos custos unitários para obter o preço de custo de cada tarefa; e (iii) os preços de venda, que incorporam os custos indiretos, encargos de estaleiro, lucro e imprevistos sobre o custo de produção direto. Essa estrutura está sistematizada nas publicações de referência do LNEC, nomeadamente o Manual de Fichas de Rendimentos, obra de referência que compila

centenas de fichas técnicas para os principais trabalhos de construção civil em Portugal, e nos documentos normativos associados ao sistema de certificação e qualificação de empresas do setor.

As fichas de rendimentos constituem o elemento técnico central do sistema LNEC, podemos observar o modelo na Figura 4. Cada ficha corresponde a uma tarefa ou trabalho elementar de construção e descreve, de forma padronizada, os recursos necessários à sua execução por unidade de medida. A estrutura de uma ficha de rendimentos compreende os seguintes componentes:

Data: Dez/03		DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO (Unidade = kg)		IC - 13	
				Codigo: 3272	
Aço A400ER, em elementos estruturais					
Quantidade	Unidade	Descrição dos Recursos	Custos (€)		
			Unitários	Totais	
1,100	kg	Varão de aço A400NR para armaduras	0,37	0,41	
0,010	kg	Arame recozido (queimado) n. 19	0,90	0,01	
				0,42	
0,010	h	Máquina eléctrica de cortar ferro	1,72	0,02	
0,010	h	Máquina eléctrica de dobrar ferro	1,72	0,02	
				0,04	
0,030	h	Servente	6,21	0,19	
0,030	h	Armador de ferro	7,52	0,23	
				0,42	
CUSTO DIRECTO (coef. eficiência = 1.00)					0,88
Incid. no Custo Directo: MATERIAIS = 47.7% EQUIPAMENTOS = 4.6% MÃO-DE-OBRA = 47.7%					
CUSTO DA OPERAÇÃO (S/lucro, % Custos Indirectos de 10.0%)					0,97
CUSTO TOTAL DA OPERAÇÃO (% de Lucros de 8.0%)					1,05

Figura 4: Exemplo Tabela LNEC

Fonte: LNEC (2003)

a) Identificação da tarefa

Cada ficha é identificada por um código e uma designação técnica precisa, que especifica a natureza do trabalho, os materiais envolvidos, as condições de execução e a unidade de medida adotada (m², m³, ml, un, kg, vg, entre outras). A descrição é suficientemente detalhada para permitir a correta interpretação do âmbito do trabalho e evitar sobreposições com outras fichas do sistema.

b) Consumos de mão de obra

Para cada categoria profissional envolvida na execução da tarefa, como servente, pedreiro, trolha, carpinteiro, eletricista ou canalizador, a ficha indica o número de horas necessárias por unidade de medida do trabalho. Esses valores são denominados rendimentos de mão de obra e são expressos em h/unidade, sendo obtidos a partir de estudos de produtividade, observações de campo e literatura técnica especializada. As categorias profissionais seguem a classificação do Contrato Coletivo de Trabalho da Construção Civil e Obras Públicas (CCT), que define as categorias, subcategorias e respetivos salários normativos aplicáveis em Portugal.

c) Consumos de materiais

A ficha detalha os materiais necessários à execução da tarefa, com as respetivas quantidades por unidade de medida. Esses consumos incluem as perdas e desperdícios normais de obra, que variam conforme o tipo de material e a complexidade da tarefa. Os materiais são descritos com especificações técnicas mínimas que permitem a sua correta identificação e substituição por equivalentes quando necessário.

d) Consumos de equipamentos

Quando a execução da tarefa requer o uso de equipamentos ou máquinas, a ficha indica o tempo de utilização por unidade de medida, expresso em h/unidade ou dia/unidade, conforme o caso. O custo de utilização do equipamento é calculado com base em tarifas de aluguer de mercado ou custo de propriedade, consoante o regime adotado pelo empreiteiro.

e) Composição do preço unitário

A partir dos consumos definidos na ficha, o preço unitário de custo da tarefa é obtido pela multiplicação de cada consumo pelo respetivo preço unitário do recurso, salário horário da categoria, preço do material ou tarifa do equipamento, e pela soma de todos os parceiros. Sobre esse custo direto são aplicados os coeficientes de encargos indiretos, que incluem os custos de estaleiro, direção de obra, seguros, garantias e margem de lucro, obtendo-se assim o preço de venda unitário da tarefa.

Diferentemente do modelo brasileiro, em que os encargos sociais são calculados como uma taxa global sobre o salário, o sistema LNEC desagrega os custos indiretos em categorias distintas que refletem a estrutura de custos típica das empresas de construção portuguesas. Os encargos diretos de mão de obra incluem as contribuições para a Segurança Social o seguro de acidentes de trabalho, o subsídio de alimentação, o subsídio de férias e de Natal, e outros benefícios previstos no CCT.

Os custos indiretos de estaleiro abrangem as instalações provisórias, equipamentos coletivos de segurança, sinalização, consumos de água e energia, e a gestão do estaleiro. Os custos de estrutura central da empresa, direção técnica, administração, contabilidade e comercialização, são imputados à obra através de uma percentagem sobre o custo direto total, denominada taxa de estrutura. Sobre o custo total (direto mais indireto) aplica-se ainda uma margem de lucro e uma reserva para imprevistos, que em conjunto formam o coeficiente global de agravamento, tipicamente situado entre 20% e 35% do custo de produção, consoante a dimensão e complexidade da obra.

As fichas de rendimentos do LNEC são periodicamente revistas e atualizadas para refletir a evolução das tecnologias construtivas, dos processos de execução e dos materiais disponíveis no mercado português. O processo de atualização envolve a consulta a empresas de construção, associações sectoriais como a Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas do Norte (AICCOPN) e especialistas de universidades e institutos politécnicos.

Os preços dos recursos são atualizados com base nos índices de custos da construção publicados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) e nas tabelas salariais negociadas anualmente entre os parceiros sociais do setor.

2.4.3.2. Origem dos Rendimentos e Carácter Referencial - LNEC

Ao contrário de bases puramente teóricas, as fichas do LNEC têm origem híbrida e combinam observações empíricas de obras, medições históricas, cooperação institucional com órgãos públicos e experiência acumulada de orçamentistas e engenheiros ao longo de várias décadas. Esta dinâmica permite que os rendimentos apresentados se aproximem mais das condições reais de execução do que os valores normativos de sistemas mais rígidos (LNEC, 2025).

Contudo, o LNEC sempre enfatiza que os rendimentos fornecidos têm carácter indicativo, devendo ser ajustados conforme a especificidade da obra, do método construtivo, da organização empresarial e da produtividade efetiva das equipas. A própria publicação prevê a utilização de coeficientes de correção de rendimento, que variam conforme a “eficiência” e as condições da obra (muito boas, boas, médias ou más). Essa abordagem reconhece explicitamente que, na prática, a produtividade é influenciada por fatores operacionais, logísticos e humanos que ultrapassam qualquer valor de referência fixo.

As tabelas de rendimentos apresentadas nesta secção consolidam a compreensão sobre rendimentos e índices de produtividade, evidenciando a sua leitura e utilização como parâmetros de referência.

2.5. Fatores que Influenciam a Produtividade

A produtividade no setor da construção civil é influenciada por uma ampla gama de fatores que interagem entre si e variam conforme o contexto do projeto, as condições locais e as fases da obra. Nas etapas de estruturas e de acabamentos, essas variáveis assumem diferentes níveis de relevância, impactando diretamente a eficiência da produção, a qualidade final e os custos associados.

2.5.1. Mão de Obra

A mão de obra é um dos fatores mais críticos para a produtividade na construção civil, não apenas pela execução direta das atividades, mas pela forma como o conhecimento, a experiência e a organização do trabalho se materializam no desempenho em obra. A literatura demonstra de forma consistente que equipas qualificadas e estáveis apresentam maiores rendimentos, menor incidência de retrabalho e maior previsibilidade produtiva, sobretudo em atividades intensivas em mão de obra, como a alvenaria (Johari; Jha, 2020). Autores clássicos como Thomas *et al.* (1990) indicam que variações de produtividade estão fortemente associadas a fatores humanos e organizacionais, e não apenas à complexidade técnica das tarefas.

A qualificação profissional influencia diretamente o ritmo de execução e a qualidade do produto final. Trabalhadores experientes tendem a executar atividades com menor

variabilidade, melhor coordenação entre tarefas e maior capacidade de adaptação a restrições de obra, como interferências, mudanças de frente ou ajustes geométricos. Por outro lado, elevada rotatividade e polivalência excessiva, tendem a reduzir o rendimento médio, ao aumentar o esforço indireto e a probabilidade de erros. A seguir é apresentado na Tabela 2 os dados relativos a mão de obra no Brasil e em Portugal.

Tabela 2: Análise de Mão de Obra Brasil e Portugal

Aspetto analizado	Brasil	Portugal
Grau de formalização	Predominantemente forma, mas continua com grande percentagem informal	Maior formalização e enquadramento regulamentar
Qualificação profissional	Baixa qualificação formal; aprendizagem prática em obra	Maior valorização da formação técnica e profissional
Especialização das funções	Polivalência elevada; acumulação de tarefas	Maior especialização funcional
Estabilidades das equipas	Elevada rotatividade e instabilidade contratual	Maior estabilidade, apesar da escassez de mão de obra
Organização produtiva	Dificuldade de padronização dos processos	Maior padronização e repetibilidade
Impacto na produtividade	Maior dispersão dos rendimentos observados	Maior consistência produtiva
Principais desafios atuais	Informalidade, baixa qualificação e retrabalho	Envelhecimento da força de trabalho e dependência de estrangeiros
Efeitos nos índices de produtividade	Diferenças frequentes entre referência e obra	Perdas quando há falhas de integração das equipas

Fonte: Elaboração própria, com base em Nunes et al. (2020) e Monteiro e Paliari (2024).

Além da qualificação técnica, o estado físico e psicológico do trabalhador constitui uma dimensão frequentemente subestimada na análise da produtividade. A fadiga acumulada, resultante de jornadas prolongadas, turnos irregulares ou condições ergonómicas inadequadas, provoca reduções mensuráveis no rendimento ao longo do dia e da semana, com impacto direto na velocidade de execução, na taxa de erros e na incidência de acidentes. Estudos no domínio da ergonomia da construção demonstram que trabalhadores em estado de fadiga moderada a elevada podem apresentar quebras de produtividade superiores a 20%, mesmo sem alteração das condições externas da obra (Thomas; Napolitan, 1995).

De forma análoga, a desmotivação, decorrente de falta de reconhecimento, insegurança contratual, conflitos com a chefia ou ausência de perspetivas de progressão, traduz-se em menor empenho, menor atenção à qualidade e maior propensão ao absentismo, fatores que afetam o rendimento coletivo da equipa de forma sistemática e difícil de quantificar pelos métodos tradicionais de medição de produtividade (Ballard; Howell, 2003).

A gestão da mão de obra em obra representa uma variável de primeira ordem na determinação do desempenho produtivo real. Equipas tecnicamente competentes, mas mal

geridas, com planeamento de tarefas deficiente, distribuição inadequada de frentes de trabalho, supervisão insuficiente ou comunicação deficiente entre encarregado e operários, tendem a apresentar rendimentos significativamente inferiores ao seu potencial.

A interrupção frequente de atividades por falta de material, por conflito de frentes ou por indefinição de projeto cria tempos de espera não produtivos que diluem o rendimento médio da equipa mesmo quando cada trabalhador individualmente executa bem as tarefas que lhe são atribuídas (Shao; Janssens; Greenwood, 2025). Neste sentido, Koskela (1992) argumenta que a estabilidade do fluxo produtivo é condição essencial para ganhos sustentáveis de produtividade, sendo a mão de obra um elemento central desse sistema (González; Alarcón; Mundaca, 2008), no entanto, não basta dispor de trabalhadores qualificados se o contexto organizacional não lhes proporciona condições para trabalhar de forma contínua e coordenada.

A introdução de novas tecnologias construtivas acrescenta uma camada adicional de complexidade a esta análise. Em teoria, inovações como sistemas de cofragem modular, paredes pré-fabricadas, ferramentas de corte de precisão ou plataformas de gestão digital de obra deveriam elevar a produtividade ao reduzir o esforço manual, minimizar erros e acelerar ciclos de execução. Contudo, a concretização desses ganhos depende criticamente da forma como a implementação é conduzida em obra.

Quando a adoção de uma nova tecnologia não é acompanhada de formação adequada, de um período de adaptação suficiente e de um planeamento que contemple a curva de aprendizagem das equipas, os efeitos iniciais são frequentemente negativos: os trabalhadores operam fora da sua zona de conforto técnico, os erros aumentam, o ritmo de execução cai e a resistência à mudança pode comprometer a consolidação do novo método (Love; Irani; Edwards, 2004). Hanna *et al.* (2005) demonstram que as alterações de projeto e mudanças frequentes afetam de forma significativa a eficiência das equipas, o que se aplica igualmente à introdução de novas tecnologias mal sequenciadas no calendário de obra. A novidade tecnológica, quando não gerida de forma cuidada e atempada, transforma-se assim num fator de perturbação produtiva em vez de um vetor de melhoria.

Diversos estudos internacionais reforçam que a produtividade da mão de obra resulta da interação entre a qualificação, o estado físico e motivacional dos trabalhadores, a qualidade da gestão e as condições de estaleiro (Figura 5). Jarkas (2016) evidencia que fatores como planeamento, supervisão e motivação são determinantes no rendimento da mão de obra em atividades de alvenaria, sublinhando que o desempenho individual não pode ser dissociado do contexto coletivo e organizacional em que ocorre.

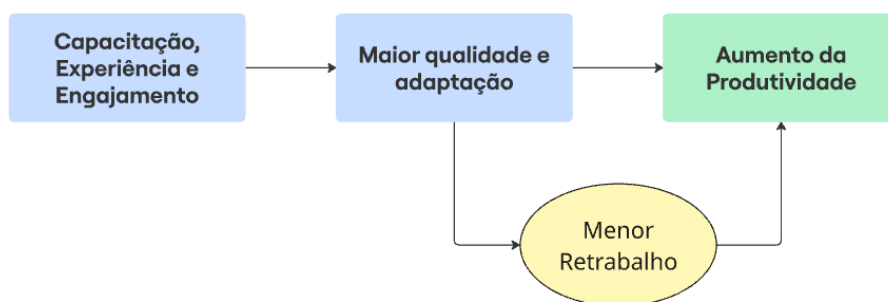


Figura 5: Fluxograma Mão de Obra

Neste enquadramento, a análise da mão de obra é fundamental para interpretar os índices de produtividade utilizados nesta dissertação, uma vez que diferenças entre os valores de referência e o desempenho observado não devem ser atribuídas ao trabalhador individual, mas ao conjunto de fatores humanos, organizacionais e contextuais que condicionam a execução efetiva. Índices normativos como os do SINAPI ou do LNEC assumem condições de trabalho estáveis, equipas em pleno rendimento e gestão eficiente, condições que raramente se verificam de forma simultânea e consistente em obra. Isso explica por que esses índices podem revelar-se otimistas ou conservadores consoante o contexto, e reforça a necessidade de uma utilização crítica desses valores no planeamento e no controlo de obra (Koskela *et al.*, 1992; González, 2008).

2.5.2. Gestão e Planeamento

A influência da gestão e do planeamento na produtividade manifesta-se de forma objetiva através da fiabilidade do plano e da continuidade das frentes de trabalho. Estudos empíricos mostram que falhas de planeamento e de coordenação geram perdas produtivas mensuráveis, independentemente da qualificação da mão de obra. Hanna *et al.* (1999) demonstraram que alterações frequentes de projeto podem reduzir a eficiência da mão de obra entre 10% e 25%, devido a interrupções, retrabalho e replaneamento. De forma semelhante, Thomas e Napolitan (1995) identificaram perdas superiores a 20% associadas a paragens, mudanças de sequência e falta de prontidão das frentes.

No planeamento de curto prazo, verifica-se que obras com maior fiabilidade do planeamento apresentaram ganhos consistentes de produtividade, com aumentos da ordem de 15% a 30% quando comparadas com contextos onde o planeamento não era validado em obra (Ballard; Howell, 2003). González *et al.* (2008) reforçam esta relação ao demonstrar correlação direta entre confiabilidade do plano semanal e desempenho produtivo global, evidenciando que a redução da variabilidade é um fator decisivo em atividades repetitivas, como a alvenaria.

Assim, a gestão e o planeamento afetam a produtividade não por aspetos formais, mas pela capacidade de assegurar frentes prontas, sequências estáveis e coordenação entre equipas, conforme o fluxograma da Figura 6. Quando estas condições não são garantidas, as perdas observadas refletem-se diretamente nos índices de produtividade, explicando parte dos desvios entre valores de referência e desempenho real em obra (Harris *et al.*, 2020; Shao; Janssens; Greenwood, 2025).

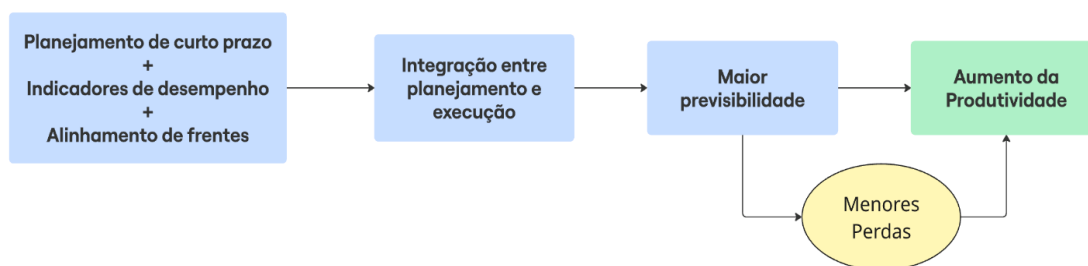


Figura 6: Fluxograma Gestão e Planeamento

2.5.3. Características do Projeto

Os projetos arquitetônicos e estruturais influenciam a produtividade porque determinam o grau de estabilidade do escopo, a clareza das interfaces e a quantidade de decisões que serão empurradas para o canteiro. Um projeto arquitetônico com modulação coerente, vãos e alinhamentos bem definidos, e detalhes repetitivos resolvidos reduz ajustes em campo, interferências com especialidades e retrabalho associados a alterações tardias.

De forma complementar, o projeto estrutural condiciona diretamente a execução ao definir o posicionamento e tolerâncias de pilares, vigas e lajes, que governam prumos, encontros e folgas necessárias para vedação. É nesse ponto que a alvenaria entra de forma decisiva: em edifícios com estrutura em betão armado, pequenas imprecisões geométricas acumuladas na estrutura e indefinições de detalhe em ligações parede estrutura e vãos tendem a converter-se em cortes, remates complexos e correções, consumindo horas sem avanço proporcional, o que é consistente com evidências de que retrabalho e mudanças de projeto afetam custo, prazo e desempenho produtivo (Love; Irani; Edwards, 2004). Segue o fluxograma na Figura 7 relativos às características do projeto.

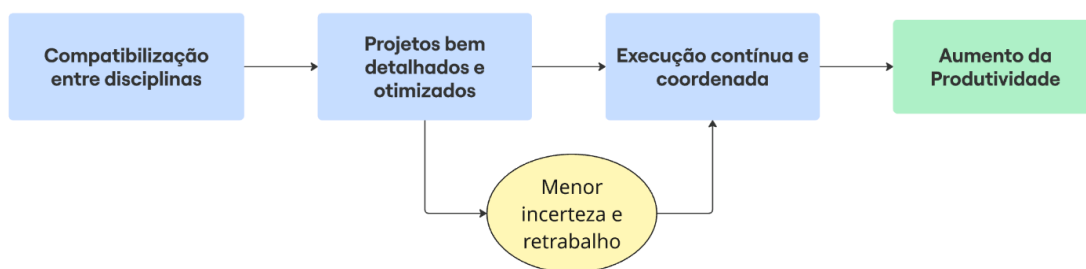


Figura 7: Fluxograma Características do Projeto

2.5.4. Condições do Ambiente de Trabalho

O ambiente físico influencia diretamente a produtividade ao afetar o ritmo de execução, a continuidade das atividades e o bem-estar dos trabalhadores (Figura 8). Os fatores como condições climáticas, acessibilidade, organização espacial e segurança podem gerar interrupções, reduzir a eficiência e exigir adaptações no planejamento.

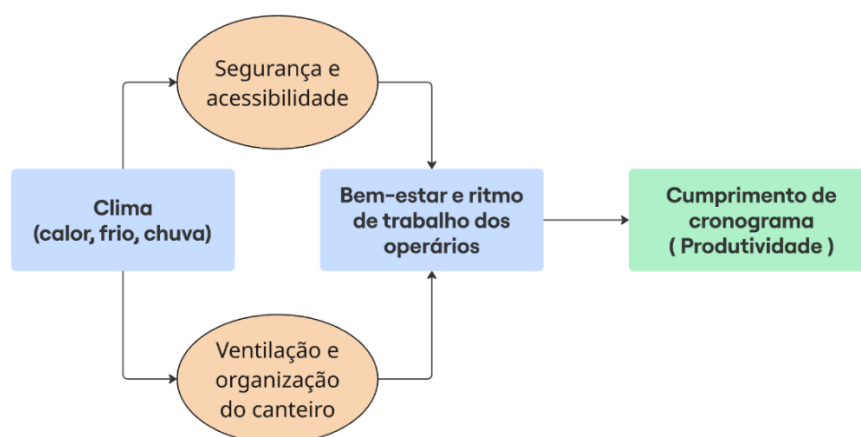


Figura 8: Fluxograma Condições do Ambiente de Trabalho

Em contextos tropicais, a elevada exposição solar e os períodos de chuva intensa tendem a provocar paragens e perdas de rendimento, enquanto em países de clima mais frio e húmido, como Portugal, as baixas temperaturas e a humidade condicionam o conforto térmico, a ergonomia e a execução de determinadas atividades (Xu *et al.*, 2006). Estudos internacionais demonstram que estas condições ambientais têm impacto mensurável na produtividade da mão de obra, sobretudo em tarefas executadas ao ar livre e dependentes da continuidade do trabalho (Jazizadeh; Shealy; Garvin, 2022).

2.5.5. Logística e Suprimentos

A eficiência logística influencia diretamente a produtividade porque condiciona quanto tempo a equipa consegue manter trabalho contínuo sem interrupções por falta de materiais, ferramentas ou frentes preparadas. Um sistema de suprimentos bem estruturado não se resume a ter estoque, mas a assegurar disponibilidade no ponto de uso, no momento certo e com fluxo interno estável, reduzindo deslocamentos, esperas e manuseios redundantes que consomem horas sem gerar avanço físico (Figura 9).

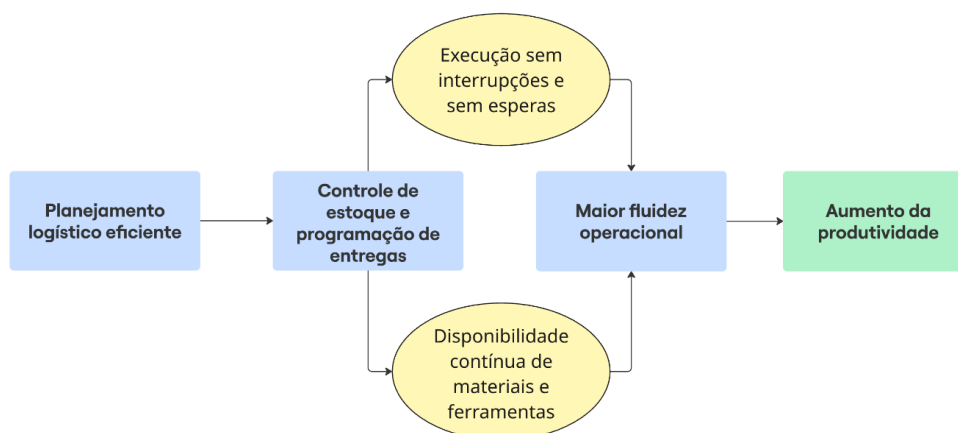


Figura 9: Fluxograma Logística e Suprimentos

Estudos de observação em canteiro mostram a dimensão desse efeito demonstrando em medições por *work sampling*, o desperdício explícito pode rondar cerca de 19% do tempo e o tempo diretamente gerador de valor pode ficar abaixo de 20%, indicando margem relevante para ganhos ao atacar esperas e desorganização do fluxo (Horman; Kenley. 2005; Strandberg *et al.*, 2005). Em síntese, tratar logística como parte do controle da produção aumenta a fiabilidade do abastecimento, reduz paragens e torna os índices de produtividade menos sensíveis a variações diárias do canteiro, o que é particularmente relevante em serviços como a alvenaria, onde o ritmo depende da estabilidade do fornecimento e da preparação das frentes (Kim; Nguyen, 2018).

2.5.6. Inovação e Tecnologia

A inovação tecnológica contribui para a produtividade na construção, sobretudo quando aplicada diretamente no estaleiro atuando sobre a execução, o controle imediato e a redução de esforços improdutivos. Ferramentas como níveis e alinhadores a laser aumentam a precisão e a rapidez no controle geométrico, reduzindo retrabalho em atividades como a alvenaria. Equipamentos de corte elétrico, misturadores mecânicos e meios auxiliares de elevação e transporte de materiais diminuem o esforço físico e aumentam a cadência de execução, favorecendo a regularidade do ritmo produtivo.

Complementarmente, soluções digitais utilizadas *in loco* apoiam o controle e a coordenação diária. Aplicações móveis e plataformas como *Autodesk Construction Cloud*, *Procore* e *PlanGrid* permitem registos de produção, horas trabalhadas, não conformidades e avanços físicos em tempo real, facilitando a deteção precoce de desvios e a tomada de decisão operacional (Teizer; Cheng; Fang, 2013). Ferramentas de planeamento e coordenação, como *MS Project*, *Navisworks* e *Synchro*, quando integradas ao acompanhamento em obra, contribuem para alinhar frentes de trabalho e reduzir interferências (Bryde; Broqueta; Volm, 2013).

Conforme Koskela (1992), os ganhos de produtividade na construção civil não estão associados apenas à introdução de novas tecnologias ou equipamentos, mas sobretudo à forma como os processos produtivos são organizados e geridos no canteiro de obras. Esses autores destacam que melhorias significativas de desempenho dependem da integração entre métodos de execução, planeamento da produção, fluxo adequado das atividades e capacitação das equipas de trabalho.

Nesse sentido, a produtividade deve ser compreendida como resultado de um sistema produtivo bem estruturado, no qual tecnologia, organização do trabalho e qualificação da mão de obra atuam de forma integrada. Quando ferramentas e *softwares* simplificam tarefas repetitivas (Figura 10), melhoram a ergonomia e apoiam decisões imediatas em obra, os efeitos positivos são evidentes; quando adotados de forma isolada, sem alinhamento com os processos construtivos, os benefícios tendem a ser limitados (Alotaibi *et al.*, 2024).

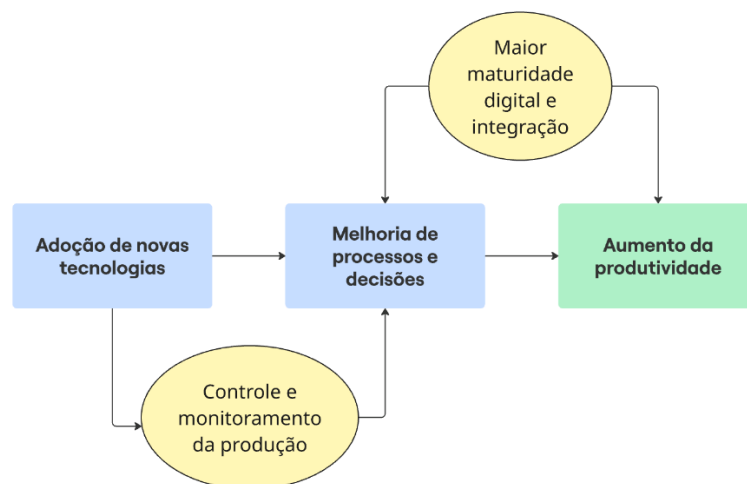


Figura 10: Fluxograma Inovação e Tecnologia

2.6. Sistemas Construtivos em Alvenaria e Implicações de Execução

2.6.1. Métodos Construtivos com Alvenaria Não Estrutural no Brasil

No Brasil, o processo construtivo mais recorrente em edificações, sobretudo no segmento residencial multifamiliar, baseia-se em estrutura principal de betão armado, tipicamente executada *in loco*, a partir da combinação de pilares, vigas e lajes. A predominância dessa solução está associada à maturidade da cadeia de suprimentos, à difusão de mão de obra e ao enquadramento técnico consolidado, usualmente conduzido dentro dos padrões da ABNT (Belizario-Silva *et al.*, 2025). Estudos recentes que analisam tipologias correntes de edifícios no país e dados de projetos reais reforçam a centralidade do betão armado como solução estrutural mais comum no contexto brasileiro, tanto em abordagens de desempenho e custo quanto em avaliações de materiais e intensidade construtiva (Vann *et al.*, 2026).

Embora esse modelo seja o mais usual, o panorama brasileiro inclui outras alternativas estruturais que se tornam competitivas conforme tipologia, escala e estratégia de produção. Há crescimento e diversificação do uso de pré-fabricados em betão, particularmente quando se busca maior industrialização, padronização e rapidez de montagem (Albuquerque; Mounir; Melo, 2012).

Também se observam sistemas em aço e soluções mistas aço betão, mais presentes em edifícios comerciais e empreendimentos onde a racionalização de prazos e a redução de peso próprio ganham relevância, ainda que não constituam a solução predominante no mercado de edifícios residenciais convencionais. Em habitação de interesse social e em edifícios de menor altura, coexistem sistemas com paredes resistentes, como a alvenaria estrutural e, em alguns casos, soluções com paredes de betão, adotadas por motivos de repetibilidade e simplificação do ciclo produtivo (Bianchi *et al.*, 2021).

Ainda no Brasil, a alvenaria de vedação com blocos cerâmicos vazados permanece como a solução mais recorrente em edifícios com estrutura principal em betão armado, sobretudo por disponibilidade ampla, custo competitivo e facilidade de execução em obra, com grande

capacidade de fornecedores e equipes habituadas ao sistema. Em termos técnicos, estes blocos são componentes industrializados com requisitos dimensionais e físico mecânicos definidos em norma, pela ABNT, o que reforça a necessidade de controle na receção e na seleção do lote, uma vez que variações de resistência, absorção e regularidade geométrica afetam diretamente consumo de argamassa, ocorrência de fissuração e ritmo de produção no assentamento (ABNT, 2023).

A literatura também evidencia que a qualidade e a variabilidade dos blocos no Brasil não são desprezíveis, e que o desempenho do sistema depende tanto do componente quanto das condições de aplicação (Araújo; Souza, 2001), o que torna o controle de materiais e a padronização do método de execução relevantes para reduzir dispersões de produtividade e de qualidade.

A alvenaria no contexto brasileiro não é um sistema homogêneo, pois existem diferentes tipologias com lógicas construtivas, materiais e desempenhos distintos.

A alvenaria de vedação com blocos cerâmicos vazados é a solução dominante em edifícios com estrutura de betão armado, mas não é a única. Os blocos de concreto (betão), produzidos com agregados de cimento e areia, em diferentes classes de resistência, constituem uma alternativa amplamente utilizada, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, onde a cadeia produtiva deste componente é mais desenvolvida e os preços são competitivos.

A alvenaria estrutural representa uma solução em que as próprias paredes assumem a função resistente da edificação, dispensando a estrutura independente de betão armado. No Brasil, essa tipologia é empregue predominantemente em habitação de interesse social e em edifícios residenciais, sendo executada tanto com blocos cerâmicos estruturais quanto com blocos de concreto estrutural, estes últimos com maior expressão em empreendimentos de maior escala e maior grau de industrialização, como os desenvolvidos no âmbito do programa habitacional Minha Casa Minha Vida.

A alvenaria estrutural exige maior rigor de projeto, com modulação precisa, definição de pontos de graute e armadura e compatibilização com as instalações, mas permite ciclos de produção mais rápidos e menor consumo de materiais estruturais quando bem planejada (Albuquerque; Mounir; Melo, 2012; Bianchi *et al.*, 2021).

Os blocos de CCA destacam-se pela leveza, pelo isolamento térmico e acústico e pela facilidade de corte e ajuste em obra, sendo crescentemente adotados em empreendimentos de médio e alto padrão que valorizam o desempenho higrotérmico e a redução de carga nas estruturas. O *drywall*, embora não constitua alvenaria no sentido técnico estrito, compete com ela nas paredes internas de compartimentação, oferecendo maior velocidade de execução, menor peso e facilidade de integração de instalações, ainda que apresente restrições quanto à resistência a impactos e à fixação de elementos pesados.

A execução da vedação com bloco cerâmico é tipicamente manual, com elevação por fiadas, controle geométrico contínuo (prumo, nível e alinhamento), juntas de argamassa preparadas in loco e tratamento de pontos singulares que consomem tempo e condicionam frentes de trabalho, como vãos, remates, encunhamentos e ligações à estrutura. O manejo do bloco no canteiro é um determinante direto do desempenho: armazenamento e transporte interno inadequados elevam quebras e perdas, e a gestão de logística e abastecimento da frente

reduz interrupções, fatores que impactam simultaneamente o custo real e o rendimento observado.

Quando há racionalização do processo, por exemplo com projeto específico de alvenaria para produção, modulação e orientação clara de execução, estudos em contexto brasileiro mostram ganhos mensuráveis de produtividade e redução de perdas, indicando que o sistema, apesar de convencional, responde de forma significativa a melhorias de planeamento e padronização (Corrêa, 2012).

2.6.2. Métodos Construtivos com Alvenaria Não Estrutural em Portugal

Em Portugal, o sistema construtivo mais comum em edifícios residenciais e de serviços se refere a uma estrutura principal em betão armado, frequentemente do tipo pórtico e, em certos casos, complementada por paredes estruturais em betão (Leite, 2015). Esta solução mantém predominância por razões de versatilidade geométrica, desempenho em serviço e durabilidade, mas também por responder de forma consistente às exigências de segurança estrutural em contexto de ações horizontais, incluindo as associadas ao enquadramento sísmico adotado no país.

Neste enquadramento a alvenaria surge como alvenaria de enchimento, utilizada para vedação e compartimentação, quando as paredes são executadas para fecho exterior e divisórias interiores, não dimensionadas como elementos resistentes principais. A literatura descreve a alvenaria de enchimento como solução padrão para envolvente e compartimentação em edifícios de betão armado no sul da Europa e, especificamente em Portugal, associa a sua disseminação à consolidação do uso de pórticos de betão em edifícios residenciais e comerciais, conforme a Figura 11 (Furtado *et al.*, 2016). Além da função espacial, estas paredes são frequentemente associadas a requisitos térmicos e acústicos do edifício, mesmo quando tratadas como não estruturais no dimensionamento, o que reforça o seu papel no desempenho global.



Figura 11: Construção em Betão Armado e Alvenaria de Enchimento nas paredes

O panorama das soluções de alvenaria em Portugal é significativamente mais diversificado do que uma leitura superficial poderia sugerir, abrangendo uma variedade de materiais, tipologias e configurações de parede que respondem a exigências distintas de desempenho térmico, acústico, estrutural e de custo. O tijolo cerâmico furado é o material mais utilizado na alvenaria de enchimento portuguesa, disponível em múltiplos formatos, 7, 9, 11, 15, 20 e 22 cm de espessura, entre outros, e amplamente empregado em panos simples de divisórias interiores como em panos de paredes exteriores, isolados ou em configuração dupla.

A parede dupla de tijolo cerâmico, com caixa-de-ar entre os dois panos, constituiu durante décadas a solução dominante para a envolvente exterior em edifícios de habitação, pela sua capacidade de controlo térmico e de gestão da humidade, sendo o pano exterior tipicamente executado com tijolo de maior espessura (11 ou 15 cm) e o pano interior com tijolo de menor espessura (7 ou 9 cm). Atualmente, e em resposta ao progressivo agravamento das exigências regulamentares de desempenho energético impostas pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e, posteriormente, pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios (REH), essa solução tem vindo a ser substituída ou complementada por sistemas com isolamento contínuo incorporado ou aplicado pelo exterior.

O tijolo de termoargila, também conhecido como *termobrick*, é uma evolução do tijolo cerâmico convencional, com melhor desempenho térmico devido à sua geometria otimizada e à incorporação de materiais porosos. Esse material permite a execução de paredes simples com isolamento equivalente ao de paredes duplas, reduzindo a espessura e simplificando a execução. Além disso, elimina a necessidade de caixa-de-ar e melhora a eficiência energética. Por isso, tem sido cada vez mais utilizado em construções novas, especialmente em edifícios que buscam atender aos requisitos NZEB (*nearly zero-energy building*) com menor complexidade construtiva.

Os blocos de Betão Celular Autoclavado (BCA) comercializados em Portugal sob marcas como Ytong e Hebel, constituem outra alternativa de crescente utilização, sobretudo em paredes interiores de compartimentação e em paredes exteriores de edifícios com requisitos térmicos exigentes. O BCA é produzido por expansão controlada de betão leve com incorporação de alumínio em pó, seguida de cura em autoclave, resultando numa matriz porosa de baixa densidade (350 a 600 kg/m³), baixa condutibilidade térmica (0,09 a 0,18 W/m·K) e boa trabalhabilidade em obra.

Os blocos de BCA são assentados com argamassa-cola de junta fina (2 a 3 mm), o que reduz as pontes térmicas nas juntas e acelera o processo de assentamento comparativamente à argamassa cimentícia convencional. A facilidade de corte, a leveza e a regularidade dimensional tornam este material particularmente adequado para obras de reabilitação e para situações em que a redução de cargas na estrutura é relevante.

Os blocos de betão leve de argila expandida, conhecidos em Portugal como blocos de Leca, são produzidos com agregados de argila expandida *Lightweight Expanded Clay Aggregate* (LECA), que conferem ao bloco leveza, isolamento térmico e resistência à humidade. Estes blocos são utilizados tanto em alvenaria de enchimento como, em determinadas condições, em alvenaria estrutural de edifícios de baixa altura, sendo frequentes em construções de tipologia industrial, agrícola e em obras de reabilitação onde a compatibilidade com suportes existentes e a resistência à humidade são determinantes. A sua

condutibilidade térmica é inferior à dos blocos de betão corrente, mas superior à do BCA, posicionando-os num segmento intermédio de desempenho térmico.

Os blocos de pedra natural, embora com expressão residual na construção nova, mantêm relevância no contexto da reabilitação do edificado histórico português, onde a manutenção da autenticidade construtiva e a compatibilidade com os materiais existentes são condicionantes de projeto. Em certas regiões do país, como o Alentejo, o Minho e o interior norte, a tradição construtiva em granito ou xisto impõe soluções de alvenaria de pedra que exigem mão de obra especializada, rendimentos significativamente mais baixos do que os da alvenaria corrente e processos de ligação adaptados às características irregulares do material.

No que diz respeito à configuração das paredes, a distinção entre pano simples e parede dupla é estruturante para a análise de produtividade e de custos. O pano simples, utilizado predominantemente em divisórias interiores e em paredes exteriores com isolamento pelo exterior, é executado numa única camada de unidades de alvenaria, com espessura variável conforme o material e o requisito de desempenho.

A parede dupla, típica da envolvente exterior em edifícios mais antigos e em soluções com isolamento na caixa-de-ar, exige a execução de dois panos distintos, com ou sem ligadores metálicos entre eles, e implica um processo executivo mais moroso, com maior número de operações, remates e pontos de controlo geométrico. A escolha entre estas configurações condiciona diretamente o rendimento de mão de obra, o consumo de argamassa e o custo global do serviço, razão pela qual a sua explicitação é indispensável na comparação entre valores de referência normativos e desempenho observado em obra.

A crescente exigência de desempenho térmico da envolvente tem consolidado, em novos edifícios e em reabilitação, a adoção de soluções de isolamento mais contínuo, com destaque para sistemas de isolamento térmico pelo exterior. A difusão destas soluções é coerente com os requisitos nacionais de desempenho energético e com a necessidade de mitigar pontes térmicas e reduzir o risco de condensações (Furtado *et al.*, 2016). Essa evolução amplia a diversidade de composições de parede associadas à alvenaria de enchimento e, por consequência, reforça a importância de explicitar o tipo de solução adotada quando se discutem rendimentos e produtividade, uma vez que detalhes de execução, remates e coordenação com outras camadas influenciam o ritmo de trabalho e o consumo de horas.

Do ponto de vista executivo, a prática padrão envolve a execução da estrutura em betão armado e, posteriormente, a execução das paredes de enchimento. As paredes são tipicamente realizadas com unidades industrializadas, com forte presença de tijolo cerâmico furado e, conforme exigências térmicas, acústicas e de peso, também com blocos de betão leve e outras tipologias, assentadas com argamassas cimentícias ou, no caso do BCA, com argamassa-cola de junta fina.

Ensaio e campanhas experimentais em Portugal mostram precisamente essa variedade de unidades usadas em alvenarias de enchimento e reforçam que as propriedades do conjunto unidade mais argamassa variam com a tipologia adotada, o que tem impacto direto no desempenho e na previsibilidade do processo em obra (Furtado *et al.*, 2020). Na prática de canteiro, o serviço de alvenaria inclui controlo geométrico, ligações e remates com a estrutura, execução de vãos e resolução de pormenores, que consomem tempo e condicionam frentes de

trabalho, podendo explicar diferenças entre produtividade observada e valores de referência quando o escopo real incorpora atividades complementares.

Nesta dissertação, o recorte considera apenas a alvenaria de enchimento, executada em edifícios com estrutura principal em betão armado, garantindo coerência técnica na comparação com o contexto brasileiro e evitando misturar lógicas construtivas distintas que alterariam, de forma significativa, o perfil de produtividade associado ao assentamento de blocos e à organização do serviço.

2.7. Controle de Qualidade na Construção

A busca pela excelência na execução de obras exige que os sistemas de controle de qualidade deixem de ser apenas mecanismos de verificação pós-produção e assumam um papel estratégico dentro das organizações. No contexto atual da construção civil, tanto no Brasil quanto em Portugal, a qualidade passou a ser entendida como um compromisso organizacional que perpassa desde a conceção dos projetos até a entrega final da edificação.

2.7.1. Evolução da Gestão da Qualidade

Historicamente, a qualidade era compreendida de forma reativa, levando em conta a detecção de defeitos após a execução. Essa fase inicial, predominante até meados da primeira metade do século XX, baseava-se na inspeção visual e na correção de falhas já existentes, com o objetivo de garantir que o produto final atendesse às especificações estabelecidas (Rusu, 2016).

Com o avanço da industrialização e o aumento da complexidade dos sistemas produtivos, tornou-se evidente que inspecionar apenas o produto não bastava para assegurar resultados consistentes. Deste modo, surge uma mudança de paradigma: a ênfase desloca-se do produto para o processo, originando a fase de Garantia da Qualidade (*Quality Assurance*). Nessa etapa, o foco passa a ser a padronização dos procedimentos e a prevenção de falhas, por meio da definição de métodos, registos e controles internos (Oakland, 2025).

Entre as décadas de 1980 e 1990, a busca pela competitividade global e pela satisfação do cliente impulsionou o surgimento de uma abordagem ainda mais abrangente, a Gestão da Qualidade Total ou *Total Quality Management* (TQM). Essa filosofia compreende que a qualidade não deve ser responsabilidade exclusiva de um setor ou departamento, mas sim de toda a organização, abrangendo desde a alta direção até os colaboradores operacionais. A TQM propõe uma cultura de melhoria contínua, liderança participativa, aprendizado organizacional e foco permanente no cliente (Talha, 2004).

No contexto da construção civil, esta evolução conceptual é acompanhada por um quadro regulatório que estabelece requisitos mínimos de qualidade em dois planos distintos e complementares. O primeiro diz respeito à qualidade dos produtos de construção, regulada na União Europeia pelo Regulamento dos Produtos de Construção (CPR - *Regulation* EU 305/2011), que torna obrigatória a marcação CE para os principais materiais utilizados em obra, incluindo blocos, argamassas, aços e sistemas de isolamento.

A marcação CE implica a realização de ensaios normalizados e a emissão de uma Declaração de Desempenho que especifica as características técnicas relevantes do produto. Mais recentemente, alguns fabricantes passaram também a disponibilizar Declarações Ambientais de Produto (DAP), também designadas *Environmental Product Declarations* (EPD), que quantificam os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do material, incluindo o carbono incorporado, e que, embora ainda de carácter maioritariamente voluntário, são crescentemente exigidas em projetos com requisitos de sustentabilidade e em processos de certificação ambiental de edifícios.

O segundo plano refere-se ao controlo de qualidade na execução em obra, que incide sobre os processos construtivos e não apenas sobre os materiais. A distinção entre estes dois planos é relevante porque um produto certificado e bem especificado pode originar patologias se aplicado de forma incorreta. A qualidade do resultado final depende, portanto, da articulação eficaz entre ambos.

A evolução histórica da qualidade pode ser sintetizada em três estágios principais: o Controle da Qualidade (QC), centrado na inspeção do produto; a Garantia da Qualidade (QA), focada na prevenção de falhas nos processos; e a TQM que abrange toda a estrutura organizacional e busca a excelência através da melhoria contínua e do envolvimento coletivo, segue a introdução dos conceitos e o fluxograma na Figura 12 (Talha, 2004; Rawlins, 2008).

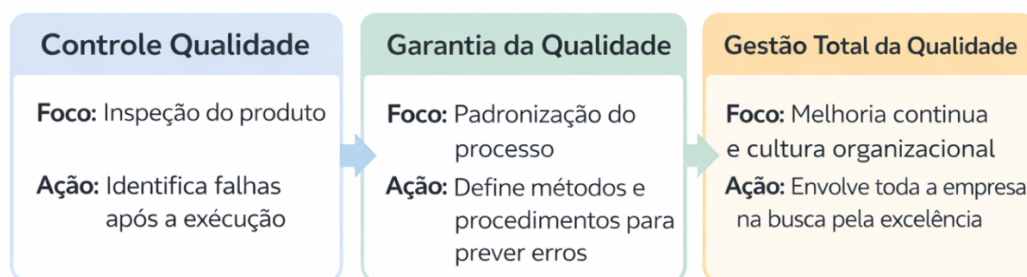


Figura 12: Fluxograma Gestão da Qualidade

Deste modo, compreende-se o QC com foco na inspeção de produtos e serviços, buscando identificar e corrigir não conformidades. Exemplo: durante a execução de um piso cerâmico, o encarregado realiza uma inspeção final para verificar o alinhamento das peças, a uniformidade do rejunte e a ausência de trincas. Caso sejam encontradas não conformidades, o serviço é retrabalhado antes da entrega.

Já a QA estabelece os procedimentos padronizados com o objetivo de prevenir falhas durante os processos. A empresa define Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para a execução do piso cerâmico, como o tipo de argamassa, tempo de cura e sequência de aplicação.

A TQM diz respeito ao envolvimento integral da organização com ênfase na melhoria contínua, participação dos colaboradores e foco no cliente. A construtora adota um programa de melhoria contínua, em que os engenheiros, mestres e operários reúnem-se periodicamente para identificar causas de retrabalho e propor soluções. Além disso, há pesquisas de satisfação com clientes e fornecedores para aperfeiçoar continuamente produtos e serviços.

2.7.2. Inspeção na Construção Civil: Tipos, Objetivos e Função

A inspeção é um dos pilares mais tradicionais do controle de qualidade para garantir que os serviços executados estejam em conformidade com os critérios técnicos estabelecidos. Esta pode ser dividida em duas categorias principais:

- **Inspeções objetivas:** baseadas em critérios quantificáveis e normatizados de comprimento, espessura, alinhamento, resistência dos materiais, entre outros. Exemplos incluem o ensaio de compressão (Figura 13) de corpos de prova de concreto, verificação de prumo e nível, ou testes de estanqueidade em sistemas hidráulicos (Flanagan; Jewell, 2021).



Figura 13: Prensa de Medição

- **Inspeções subjetivas:** baseadas na interpretação do inspetor, como avaliação visual de acabamentos, limpeza, organização do canteiro ou estética final. Requerem experiência e senso crítico por parte do profissional avaliador. Exemplos como a avaliação do produto final, verificando se a qualidade do acabamento está de acordo com os padrões (Figura 14) (Flanagan; Jewell, 2021).



Figura 14: Defeitos no Piso Laminado

Um sistema de inspeção bem estruturado deve conter planos formais com escopos definidos para cada fase do projeto, com responsáveis nomeados, periodicidade clara e documentação obrigatória. São recomendadas práticas como: uso de *checklists* padronizados, fichas de controle de etapas, critérios objetivos de aceitação e rastreabilidade das não conformidades identificadas (Gomide, 2020).

Os principais objetivos do controle de qualidade, via inspeção e verificação, são:

- Assegurar que o produto final esteja em conformidade com as especificações do projeto;
- Reduzir a incidência de falhas e reclamações por parte dos clientes;
- Aumentar a confiabilidade dos processos construtivos e materiais empregados;
- Diminuir custos operacionais relacionados a retrabalho e desperdício.

No contexto específico da alvenaria, a aplicação destes princípios de inspeção adquire uma dimensão particularmente crítica. As inspeções objetivas em alvenaria centram-se na verificação de prumo, nível, planeza e espessura de juntas, parâmetros diretamente mensuráveis e comparáveis com as tolerâncias admissíveis definidas nos referenciais normativos, como o Eurocódigo 6 (EN 1996-2) e os Documentos Técnicos Unificados (DTUs).

As inspeções subjetivas incidem sobre aspetos como o preenchimento visual das juntas, a regularidade do assentamento, a qualidade dos remates em vãos e interfaces e a limpeza das superfícies antes da aplicação de revestimentos. A combinação entre inspeção sistemática durante a execução, controlo de receção de materiais e existência de um projeto de alvenarias com pormenores construtivos definidos representa.

2.7.3. Qualidade Aplicada às Alvenarias: Certificações e Parâmetros Mais Comuns

Os Regulamentos Técnicos da Qualidade e de Avaliação da Conformidade do Inmetro para blocos cerâmicos estruturais e de vedação, estabelecem regras de verificação por amostragem, ensaios, critérios de aceitação, rotulagem e responsabilidades dos intervenientes (Figura 15) (Inmetro, 2026).



Figura 15: Comparação de Tijolos de Lotes Distintos

A presença dessa estrutura é relevante para o estudo porque reduz a incerteza do *input* material, permitindo que variações de produtividade sejam discutidas com maior foco em fatores de processo, organização e execução, e não apenas em dispersões de qualidade do componente.

Complementarmente, os Programas Setoriais da Qualidade no âmbito do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) reforçam a lógica de validação continuada, ao promoverem monitorização periódica de fabricantes e combate à não conformidade, com base em critérios técnicos e ensaios associados ao atendimento às exigências normativas. Para blocos cerâmicos, a documentação setorial da Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER) descreve objetivos e funcionamento do programa, incluindo ações de acompanhamento do mercado e qualificação do setor, com o propósito de elevar a confiabilidade do produto utilizado em obra e reduzir a variabilidade de desempenho associada a fornecimento (Ancier, 2026).

Em Portugal, o enquadramento de qualidade do produto é fortemente estruturado pela marcação CE quando o produto está abrangido por uma norma europeia harmonizada. Nessa lógica, o fabricante disponibiliza uma Declaração de Desempenho, a qual afirma que, para usos previstos, o desempenho do produto em características essenciais segundo métodos harmonizados, e a marcação CE sinaliza a responsabilidade do fabricante pela conformidade com o desempenho declarado (Europe Union, 2026).

Para unidades cerâmicas de alvenaria, a referência técnica aplicável é a NP EN 771-1, e entidades nacionais ligadas ao setor e à regulação técnica descrevem o processo de marcação CE e a responsabilidade associada à declaração de desempenho, oferecendo uma base verificável para receção e especificação do produto. Esse modelo tem implicação direta para o controlo de qualidade em obra porque desloca parte importante da validação para o nível do produto e da documentação técnica, permitindo que inspeções de recebimento e verificação documental sejam conectadas a requisitos harmonizados e rastreáveis (IPQ, 2026).

Dessa forma, tanto no Brasil quanto em Portugal, o controlo de qualidade da alvenaria começa pela confiabilidade do bloco e pela capacidade de comprovar requisitos e desempenho por mecanismos formais de validação. Conforme a Tabela 3, é possível identificar um resumo dos padrões de blocos e tijolos e suas características. Com isso, este tópico estabelece a base para discutir, nos itens seguintes, como inspeções e estratégias contemporâneas de controle reduzem variabilidade na alvenaria e, por consequência, tornam os índices de produtividade mais comparáveis e interpretáveis no contexto desta dissertação.

Tabela 3: Resumo da utilização de tijolos e blocos

País	Unidade mais usada	Função padrão	Dimensões nominais típicas	Evidências de conformidade	Base normativa e padrões
-------------	---------------------------	----------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

Brasil	Tijolo cerâmico furado	Alvenaria de vedação	9x19x19; 9x14x19; 9x19x39	Identificação de lote; documentação do fabricante; evidências de atendimento e requisitos técnicos quando aplicável	Requisitos técnicos em padrões ABNT NBR: 15270-1
Portugal	Tijolo cerâmico furado	Alvenaria de enchimento	30x20x15; 30x19x14; 30x19x19	Marcação CE; declaração de desempenho; ficha técnica do fabricante	Normas europeias harmonizadas; NP EN 771-1 para unidades cerâmicas
Portugal	Bloco de betão	Alvenaria de enchimento	Dimensões variáveis por fabricante	Marcação CE; declaração de desempenho; ficha técnica do fabricante	Normas europeias harmonizadas da série EN 771 conforme tipologia

2.7.4. Problematização e Gestão da Qualidade na Execução de Alvenaria: Patologias, Retrabalho e Impacto na Produtividade

Em edifícios com estrutura principal em betão armado, as paredes de vedação e compartimentação concentram interfaces críticas com a estrutura, vãos, atravessamentos e remates, além de requisitos de desempenho térmico e acústico.

Quando o processo é instável, surgem problemas típicos como fissuração, desalinhamentos, falhas de ligação parede estrutura, remates mal executados, pontes térmicas e humidade (Figura 16). A literatura sobre custos da qualidade e retrabalho em construção é consistente ao mostrar que o retrabalho impacta diretamente prazo e custo.

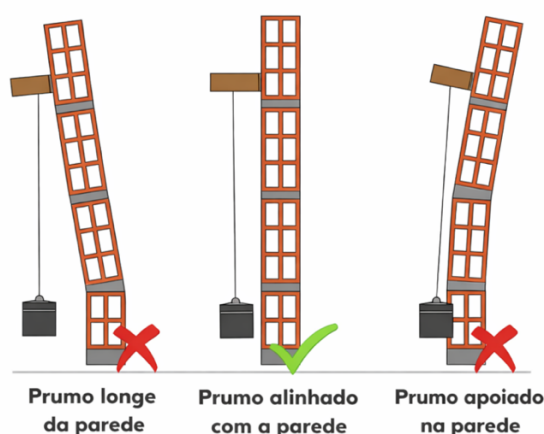


Figura 16: Patologias no Prumo da Alvenaria

Uma dimensão frequentemente subestimada na origem das patologias em alvenaria é a qualidade do projeto. Em muitas obras, a alvenaria é executada sem projeto específico de produção, sem modulação definida, sem pormenores construtivos para os pontos singulares e sem compatibilização prévia com a estrutura e as instalações. Esta ausência transfere para o estaleiro decisões que deveriam estar resolvidas em fase de projeto. Os vãos de portas e janelas, as ligações da parede à estrutura de betão armado, os encunhamentos superiores, os atravessamentos de instalações e os cantos são pontos onde a falta de pormenor construtivo se manifesta de forma mais evidente.

Quando esses pormenores não estão definidos, cada operário resolve o problema à sua maneira, dificultando o controlo apresentando uma maior probabilidade de originar patologias a médio prazo. Neste contexto, os DTUs (Documentos Técnicos Unificados), desenvolvidos no âmbito da normalização técnica francesa e amplamente referenciados na prática construtiva europeia, constituem um referencial relevante para a definição de regras de execução, tolerâncias admissíveis e pormenores construtivos em alvenaria. Os DTU estabelecem requisitos mínimos de execução para os diferentes sistemas de parede, incluindo ligações à estrutura, espessuras de juntas, amarrações, remates em vãos e tratamento de pontos singulares.

Do ponto de vista técnico, parte dessas patologias tem origem na interação entre a alvenaria estrutural do sistema e os detalhes executivos. Evidências experimentais e numéricas mostram que paredes de enchimento em pórticos de betão armado apresentam padrões de dano e fissuração associados ao comportamento de interface sob ações horizontais, reforçando a necessidade de tratar ligações, cantos e vãos como pontos críticos de controlo, conforme a Figura 17. Na envolvente, estudos sobre ETICS (Sistema Compósito de Isolamento Térmico pelo Exterior) e fachadas isoladas reportam anomalias recorrentes, o que confirma que a qualidade da alvenaria e dos seus remates influencia diretamente durabilidade e necessidade de reparos.

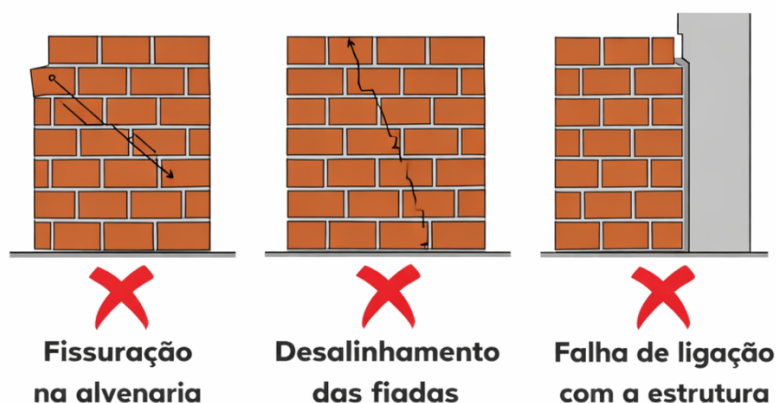


Figura 17: Patologias Gerais na Alvenaria

As argamassas de assentamento constituem um elemento frequentemente negligenciado na análise da qualidade em alvenaria, mas com impacto direto tanto no desempenho do sistema como na produtividade da execução. A argamassa funciona como elemento de ligação entre as unidades, de regularização das irregularidades dimensionais dos blocos e de distribuição de tensões na parede, e as suas propriedades, resistência mecânica, deformabilidade, retração,

aderência e trabalhabilidade, condicionam o comportamento do conjunto de forma determinante.

A utilização de argamassas demasiado rígidas, com elevado teor de cimento e baixa capacidade de deformação, é uma das causas mais comuns de fissuração em alvenaria de enchimento, uma vez que a parede fica incapaz de acomodar as deformações impostas pela estrutura, nomeadamente deformações diferidas do betão, variações térmicas e assentamentos, sem desenvolver fissuras.

Em sentido inverso, argamassas com resistência insuficiente comprometem a solidarização entre unidades e reduzem a resistência da parede a ações no plano e fora do plano. A retração da argamassa durante a cura é outra fonte frequente de patologia, particularmente quando a espessura das juntas é excessiva ou quando a cura ocorre em condições de temperatura elevada e baixa humidade relativa, situações que aceleram a perda de água e aumentam a retração diferencial.

Juntas mal preenchidas, com vazios ou descontinuidades na argamassa, reduzem a resistência da parede, aumentam a permeabilidade ao ar e à água e criam pontes térmicas localizadas que degradam o desempenho energético da envolvente. A espessura irregular das juntas, resultante de falta de controlo durante o assentamento, afeta a regularidade geométrica da parede, aumenta o consumo de argamassa de reboco para correção e prolonga o tempo de execução das camadas de revestimento subsequentes.

A distinção entre argamassa preparada em obra e argamassa industrializada é igualmente relevante para a análise da qualidade e da produtividade. A argamassa preparada in loco, a partir de cimento, areia e água em proporções definidas empiricamente pelo operário, apresenta elevada variabilidade de composição e de propriedades, tornando difícil garantir consistência ao longo da obra e entre diferentes equipas.

A argamassa industrializada, fornecida em saco ou em silo com composição controlada em fábrica, oferece maior uniformidade de propriedades, menor desperdício e melhor rastreabilidade, ainda que implique um custo unitário superior. No caso de alvenarias em blocos de betão celular autoclavado (BCA), o assentamento é realizado com argamassa-cola de junta fina (2 a 3 mm), cuja correta aplicação exige formação específica e ferramentas adequadas, nomeadamente talocha dentada de dimensão apropriada à espessura de junta, sendo que desvios no processo de aplicação comprometem a aderência e a regularidade da junta, anulando parte das vantagens térmicas e de precisão geométrica que caracterizam este sistema.

A certificação dos produtos de construção utilizados em alvenaria constitui um requisito obrigatório no contexto europeu, ao abrigo do Regulamento dos Produtos de Construção (CPR - Regulation EU 305/2011), que impõe a marcação CE para os principais componentes, tijolos, blocos, argamassas e acessórios de ligação, com declaração de desempenho que estabelece as características técnicas relevantes e permite ao projetista e ao empreiteiro verificar a adequação do produto ao uso previsto.

A marcação CE não garante a qualidade de execução, mas assegura que o produto foi ensaiado e caracterizado segundo métodos normalizados, criando uma base de informação técnica indispensável para a seleção, receção e controlo em obra. Em paralelo, cresce a exigência de DAP, também designadas por EPD, que quantificam os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto, incluindo emissões de carbono incorporado, consumo de

energia e utilização de recursos, e que, embora ainda de carácter maioritariamente voluntário, são crescentemente exigidas em projetos com critérios de sustentabilidade e em processos de certificação ambiental de edifícios como o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) ou o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED).

O controlo de qualidade em obra, para além da verificação dos produtos rececionados, deve incidir sobre o processo de execução de forma sistemática e contínua. Para a alvenaria, isso implica a definição de pontos de inspeção obrigatórios ao longo do serviço, verificação de prumo, nível e alinhamento por fiada ou conjunto de fiadas, controlo da espessura e preenchimento das juntas, verificação das amarrações e ligações à estrutura, e inspeção dos remates em vãos e interfaces, bem como a definição de critérios de aceitação e de procedimentos de tratamento de não conformidades. Um sistema de gestão da qualidade alinhado à *Organization for Standardization* (ISO) 9001 fornece a estrutura para padronizar estes procedimentos, definir responsabilidades, registar evidências e agir preventivamente, com potencial de reduzir defeitos e retrabalho quando implementado de forma efetiva (Sampaio; Saraiva; Guimarães, 2009).

2.7.5. Estratégias Contemporâneas de Controle

Para superar os desafios da abordagem tradicional, diversas estratégias vêm sendo incorporadas às rotinas das empresas mais modernas nas explicações a seguir (Talha, 2004; Flanagan; Jewell, 2019). Contudo, antes de enunciar essas estratégias, importa sublinhar uma lacuna de raiz que condiciona a eficácia de qualquer sistema de controlo: a ausência de um projeto específico de alvenarias. À semelhança do que sucede com o projeto de estabilidade, de instalações ou de térmica, o projeto de alvenarias deveria constituir um documento técnico autónomo, desenvolvido em fase de projeto e acoplado ao projeto estrutural, que definisse a modulação das paredes, os pormenores construtivos para todos os pontos singulares, vãos, remates, encunhamentos, ligações à estrutura, atravessamentos de instalações e cantos, a sequência de execução, os materiais a utilizar e os critérios de aceitação aplicáveis.

Na prática, este documento raramente existe de forma completa, e a alvenaria é frequentemente executada com base em plantas de arquitetura sem detalhe de produção, transferindo para o operário e para o encarregado decisões que deveriam estar resolvidas em projeto. Esta situação gera heterogeneidade de soluções em obra, aumenta o número de cortes e improvisos, dificulta o controlo e é uma das principais causas de retrabalho e de patologias em pontos singulares.

Entre os sistemas de gestão da qualidade mais utilizados na construção civil destacam-se a certificação ISO 9001, que estrutura processos, responsabilidades e evidências de conformidade (Sampaio; Saraiva; Guimarães, 2009), e as abordagens de Gestão da Qualidade Total (Total Quality Management — TQM), voltadas à melhoria contínua dos processos produtivos (Talha, 2004; Rusu, 2016; Oakland, 2025). No âmbito específico da construção, esses sistemas são complementados por guias de gestão da qualidade em obra, como os propostos por Flanagan e Jewell (2019; 2021), e por práticas de inspeção predial voltadas à verificação sistemática da conformidade do produto final (Gomide, 2020).

Um sistema de controlo de qualidade eficaz pressupõe a definição prévia de tolerâncias admissíveis para a execução da alvenaria, critérios quantitativos que estabelecem os desvios máximos aceitáveis para cada parâmetro verificável em obra. Sem tolerâncias definidas, a inspeção torna-se subjetiva, dependente do critério individual do fiscal ou do encarregado, e os resultados variam entre operários, frentes e momentos de verificação, tornando impossível garantir consistência no controlo.

As tolerâncias admissíveis para alvenaria abrangem tipicamente o desvio de prumo por metro e por piso, o desvio de nível por metro e por pano, a planeza da face da parede, a espessura das juntas horizontais e verticais, o desvio de alinhamento entre fiadas e o desvio de posicionamento da parede face ao projeto. Os referenciais normativos europeus, nomeadamente o Eurocódigo 6 (EN 1996) e as normas de execução de alvenaria EN 1996-2, bem como os DTU franceses, conforme a Tabela 4, estabelecem valores de referência para estas tolerâncias que podem ser adotados como critérios de aceitação em obra, devendo ser explicitados no caderno de encargos e comunicados à equipa de execução antes do início dos trabalhos.

Tabela 4: Tolerâncias Admissíveis para Execução de Alvenaria

Parâmetro Controlado	Tolerância Admissível	Referencial Normativo	Método de Verificação
Desvio de prumo – por metro de altura	+/- 5 mm/m	EN 1996-2 / Eurocódigo 6	Régua de 1 m ou fio de prumo
Desvio de prumo – por piso (até 3 m)	+/- 10 mm	EN 1996-2 / Eurocódigo 6	Fio de prumo ou nível laser
Desvio de prumo – altura total do edifício	+/- 20 mm	EN 1996-2 / Eurocódigo 6	Nível laser de longo alcance
Desvio de nível – por metro linear	+/- 5 mm/m	EN 1996-2 / Eurocódigo 6	Nível de bolha ou nível laser
Desvio de nível – por pano (até 10 m)	+/- 10 mm	EN 1996-2 / Eurocódigo 6	Nível laser ou mangueira de nível
Planeza da face da parede	+/- 5 mm em 2 m	EN 1996-2 / DTU 20.1	Régua de 2 m apoiada na superfície
Espessura da junta horizontal	8 a 15 mm	EN 1996-1-1 / EN 1996-2	Paquímetro ou calibre de juntas
Espessura da junta vertical	8 a 15 mm	EN 1996-1-1 / EN 1996-2	Paquímetro ou calibre de juntas
Espessura da junta fina (BCA / Termobrick)	1 a 3 mm	EN 1196-2 / Ficha do fabricante	Paquímetro
Desvio de alinhamento entre fiadas consecutivas	+/- 5 mm	DTU 20.1	Régua e fio de nível

Desvio de posicionamento da parede (em planta)	+/- 10 mm	EN 1996-2	Fita métrica / estação total
Desvio de esquadria em vãos	+/- 5 mm	DTU 20.1 / EN 1996-2	Esquadra e fita métrica
Planeza do encunhamento superior	+/- 5 mm	DTU 20.1	Régua de 1 m

Fonte: Eurocódigo 6 (2025)

Com estes pressupostos estabelecidos, nomeadamente um projeto de alvenarias devidamente definido e tolerâncias claramente especificadas, as estratégias de controlo apresentadas na Tabela 5 passam a assumir uma aplicação prática e operacional.

Tabela 5: Resumo das Formas de Controle para Alvenaria

Tipo	Função	Problema resolvido	Resultado esperado
Inspeção na fonte	Verificar imediatamente, na própria fonte de trabalho, se a execução está conforme os critérios definidos	Evita propagação de erros ao longo das fiadas e reduz interrupções por correções tardias quando o serviço já avançou	Redução de retrabalho, ganho de tempo, maior padronização e estabilidade do ritmo de produção
Auditorias internas e externas	Avaliar se procedimentos, critérios e registos estão a ser aplicados de forma consistente e identificar causas recorrentes de não conformidade	Corrige desvios sistémicos e evita repetição de falhas que se tornam “normais” no canteiro, reduzindo perdas contínuas	Melhoria contínua, maior confiabilidade do processo e redução de reincidência de defeitos e correções
Indicadores integrados de qualidade e produtividade	Medir desempenho considerando simultaneamente produção e conformidade, tornando visível o custo do retrabalho e das não conformidades	Evita decisões baseadas apenas em quantidade executada, que mascaram perdas de horas e distorcem índices de produtividade	Maior previsibilidade de prazo e custo, melhor controlo gerencial e redução de dispersão dos índices observados

Capacitação contínua	Alinhar a equipa com critérios, tolerâncias e método de execução, reforçando competências e uniformizando práticas	Reduz variabilidade entre operários e frentes, prevenindo erros de geometria, remates frágeis e falhas de interface que geram retrabalho	Execução mais consistente, menos defeitos, menos retrabalho e maior produtividade efetiva ao longo do ciclo
----------------------	--	--	---

- **Inspecção na fonte:** Os próprios operários realizam verificações iniciais, com base em critérios definidos, antes da checagem formal. Isso estimula a cultura da responsabilidade individual.
- **Auditorias internas e externas:** Avaliam os procedimentos implementados e apontam falhas recorrentes ou oportunidades de melhoria.
- **Indicadores integrados:** Qualidade e produtividade não devem ser avaliadas de forma isolada. Indicadores como m² aplicados sem retrabalho, tempo médio de aceitação ou índice de não conformidade por etapa são exemplos relevantes.
- **Capacitação contínua:** Garantir que toda a equipe esteja alinhada com os critérios de qualidade exige treinamento técnico, desenvolvimento interpessoal e clareza quanto às expectativas da organização.

3. Metodologia de Investigação

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da investigação, descrevendo de forma estruturada a abordagem científica utilizada, as fontes de dados consideradas, os critérios de seleção das informações analisadas e os métodos aplicados para a comparação dos índices de produtividade. A metodologia foi delineada de modo a garantir coerência entre os objetivos da pesquisa, o enquadramento teórico desenvolvido nos capítulos anteriores e a análise apresentada nos resultados, assegurando rigor científico, transparência analítica e reprodutibilidade do estudo.

3.1. Tipo de Pesquisa

Esta investigação é aplicada, de natureza comparativa e com abordagem mista, combinando evidência quantitativa (análise de indicadores de produtividade e rendimentos) e interpretação qualitativa (contextualização de condições de execução, organização produtiva e mecanismos de perda). A comparação entre Brasil e Portugal é conduzida no nível da atividade de alvenaria não estrutural, por ser frequente em edifícios correntes e particularmente sensível a variações de método, planeamento e condições de estaleiro, o que torna o fenómeno adequado a uma análise contextualizada e orientada à explicação das diferenças observadas (Yin, 2001; Freitas, 2017).

Do ponto de vista do desenho de investigação, a dissertação enquadra-se como um estudo de caso múltiplo, com orientação comparativa. Segundo Yin (2018), o estudo de caso é apropriado para investigar fenómenos contemporâneos inseridos em contextos reais, em que as fronteiras entre fenómeno e contexto não são rigidamente controláveis; nesse enquadramento, o objetivo é preservar a riqueza contextual e sustentar inferências analíticas com base em múltiplas fontes de evidência. O estudo de caso múltiplo não se apoia numa lógica amostral estatística; em vez disso, baseia-se numa lógica de replicação, na qual cada caso funciona como uma “replicação” que pode corroborar padrões esperados ou produzir contrastes previstos teoricamente.

Esta investigação cumpre os elementos centrais que caracterizam o estudo de caso múltiplo proposto por Yin (2018) porque analisa um conjunto de casos definidos de forma consistente (situações de execução de alvenaria com fronteira de medição explicitada), aplicando o mesmo protocolo de leitura e os mesmos indicadores (m^2/hh e hh/m^2) em cada caso, para permitir comparação sistemática entre contextos e, sobretudo, avaliar regularidades e desvios de desempenho à luz de condições de execução. Esta lógica também é compatível com a tradição de “*collective case study*” discutida por Stake e Visse (1995), em que múltiplos casos são analisados para compreender um fenómeno mais amplo por meio de comparações e contrastes contextualizados, bem como com a proposta de Eisenhardt (1989), que destaca a utilidade de múltiplos casos para reforçar a robustez das inferências por meio de padrões recorrentes e replicação analítica.

A designação comparativa é apropriada porque o desenho envolve a comparação estruturada de dois ou mais casos (e conjuntos de casos) para compreender como o contexto influencia o fenómeno, o que é consistente com abordagens de *comparative case study*

discutidas na literatura metodológica (Mills; Durepos; Wiebe, 2009). Em termos de validação e rigor, o uso de múltiplos casos é frequentemente recomendado para aumentar a consistência analítica por meio de replicações e triangulação de evidências, sobretudo em estudos de produção e operações, onde a variabilidade de contexto é parte do próprio fenômeno (Voss, 2010). Por fim, a natureza comparativa desta investigação fundamenta-se na confrontação entre sistemas construtivos semelhantes, a fim de evidenciar semelhanças e diferenças significativas nas produtividades registradas. Segundo Franco, estudos comparativos são instrumentos eficazes para revelar lacunas e propor soluções adaptadas a diferentes realidades (Franco, 2005).

Segundo Yin (2018), um estudo de caso é adequado quando o objetivo é examinar um fenômeno em profundidade, dentro de um contexto específico e com múltiplas variáveis interdependentes, o que engloba nesse estudo.

3.2. Contexto da Metodologia de Investigação Seguida no Estudo

A Figura 18 sintetiza o encadeamento metodológico da dissertação, desde a definição do tema até às conclusões, de forma a explicitar o fio condutor do estudo. Após a definição do tema, o referencial bibliográfico sustenta a formulação dos objetivos e a consolidação dos conceitos operativos, com foco na produtividade e nos rendimentos aplicados à alvenaria não estrutural.

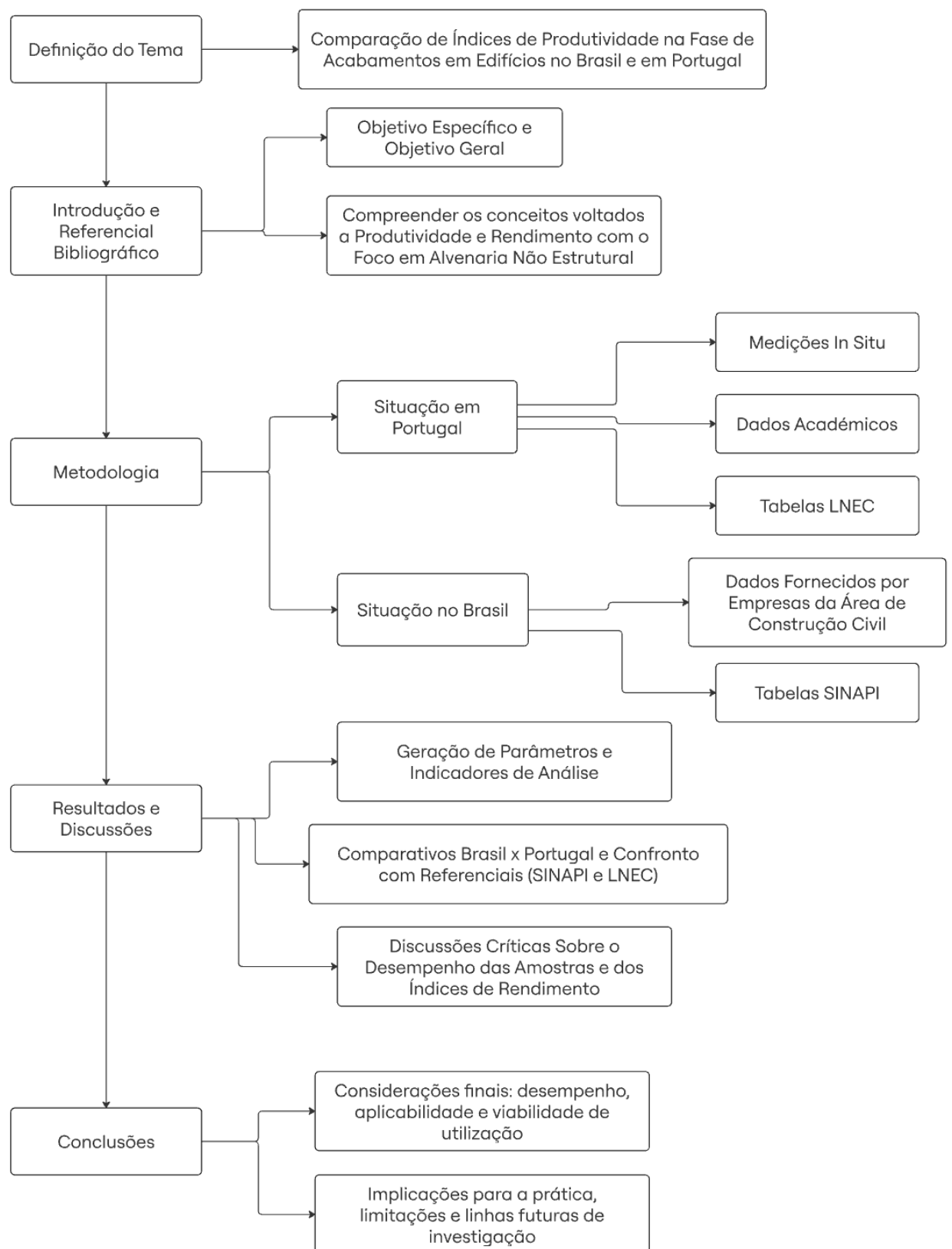


Figura 18: Fluxograma Modelo de Pesquisa

A investigação é operacionalizada como um estudo de caso múltiplo comparativo entre o Brasil e Portugal, analisando diferentes situações sob um protocolo comum e com indicadores padronizados, para garantir comparabilidade entre contextos.

As fontes de dados são organizadas por país. Em Portugal, utilizam-se medições *in situ*, dados académicos e tabelas do LNEC. No Brasil, utilizam-se dados fornecidos por empresas de construção civil e tabelas do SINAPI. Na etapa de Resultados e Discussões, são gerados os parâmetros e indicadores de análise, realizados os comparativos entre o Brasil e Portugal e efetuado o confronto com os referenciais (SINAPI e LNEC), culminando numa discussão crítica do desempenho das amostras face aos índices de rendimento.

Por fim, as conclusões consolidam as considerações sobre desempenho, aplicabilidade e viabilidade de uso, além de apresentarem implicações para a prática, limitações e linhas futuras de investigação.

3.3. Definição da Atividade de Estudo e sua contextualização

A atividade definida como objeto de estudo é a execução de alvenaria de enchimento, aplicada em edifícios com uso residencial e comercial. A análise incide sobre a produção efetiva das equipas durante a execução contínua das paredes, considerando o ciclo completo de trabalho associado à alvenaria, desde a marcação e elevação das fiadas até à execução dos remates correntes integrados no processo. Esta definição assegura que a produtividade analisada corresponde ao trabalho efetivamente realizado em estaleiro, refletindo as condições reais de execução.

A seleção da alvenaria de enchimento como atividade central do estudo está diretamente relacionada à sua elevada intensidade de mão de obra e à variabilidade dos rendimentos observados em função da organização do trabalho, da sequência construtiva e das condições operacionais do estaleiro. Nos contextos analisados, Brasil e Portugal, a execução da alvenaria baseia-se em princípios construtivos semelhantes, com utilização predominante de blocos cerâmicos e de betão e argamassas tradicionais, o que permite estabelecer comparações diretas de produtividade (Santos *et al.*, 1998).

A recolha de dados combina medições diretas realizadas em estaleiro com dados provenientes de trabalhos académicos, registos técnicos e informações disponibilizadas por empresas. Esta articulação permite analisar a produtividade da alvenaria em diferentes situações reais de execução, ampliando a base de comparação e reforçando a robustez da análise desenvolvida ao longo do estudo. Para clarificar o contexto de cada conjunto de dados e a lógica de comparação adotada, a Tabela 6 sintetiza as situações consideradas, indicando a origem dos dados, o país, o número de obras e o referencial técnico utilizado.

Tabela 6: Situações de Recolha dos Dados

País	Atividade analisada	Origem dos dados	Número de obras	Tipo de Bloco	Tipo de Argamassa	Referencial de comparação
Portugal	Execução de alvenaria de enchimento	Medição in loco realizada pelo autor	1	Cerâmico: 45x19x10	Argamassa de assentamento produzida in situ	Tabelas LNEC
Portugal	Execução de alvenaria de enchimento	Produtividades disponibilizadas em trabalhos académicos	4	Betão: 50x20x20; 40x19x20 Cerâmico: 30x20x22	Argamassas de assentamento variadas (produzidas in situ e industrializadas)	Tabelas LNEC
Brasil	Execução de alvenaria de enchimento	Produtividades fornecidas por empresas do setor	10	Cerâmico: 29x19x10	Argamassa de assentamento produzida in situ	Tabelas SINAPI

3.4. Procedimento de Recolha de Dados In Loco – Situação em Portugal

A recolha de dados empíricos em Portugal foi realizada diretamente em estaleiro, através de medições in loco do tempo de trabalho e da área executada pelas equipas responsáveis pela execução de alvenaria de enchimento. Esta situação permitiu quantificar a produtividade em condições reais de produção e assegurar o registo consistente dos indicadores necessários para a análise comparativa.

3.4.1. Atividades Preliminares e Instrumentação da Medição

Algumas atividades foram realizadas antes do início da medição propriamente dita, com o objetivo de garantir que o registo da produtividade refletisse a execução normal da alvenaria e que o acompanhamento seria consistente ao longo do turno. Estes controlos preliminares foram realizados numa obra localizada no concelho de Bragança, na cidade de Bragança (Portugal), no início da primeira semana da campanha de recolha de dados, antes do arranque das medições.

Nesta fase inicial, foram delimitadas as áreas a observar e confirmadas as frentes de trabalho, identificando-se os operários participantes e a composição da equipa em cada período de medição. Em paralelo, verificou-se no local a disponibilidade dos materiais e as condições mínimas para execução contínua do serviço, nomeadamente blocos cerâmicos, argamassa preparada em obra e apoio de servente, de forma a reduzir interrupções previsíveis por falhas de abastecimento.

Procedeu-se à conferência e preparação dos instrumentos utilizados no acompanhamento, incluindo fita métrica para quantificação do avanço físico e instrumentos básicos de controlo geométrico (nível de bolha, prumo e linha de marcação). Estes pontos foram revistos no início de cada nova semana de medições, assegurando que as condições de execução e os instrumentos permaneciam conformes ao longo de toda a campanha de recolha de dados.

3.4.2. Procedimentos de Campo

O procedimento de medição foi estruturado em etapas sequenciais, garantindo padronização e rastreabilidade dos dados:

- **Registo do ponto inicial da produção:**

No início da jornada, marca-se o trecho de parede a ser monitorado. Mede-se a área inicial com a fita métrica e anota-se o valor de referência (Figura 19).



Figura 19: Registo de Ponto Inicial

- **Acompanhamento da execução:**

Durante o dia, é realizado o acompanhamento da execução, com registro de observações em fichas e fotografias. São anotadas eventuais interrupções ou ajustes no fornecimento de materiais. Para efeitos desta medição, pedreiro e servente foram contabilizados como mão de obra direta, por atuarem diretamente na execução da alvenaria. Esse monitoramento permite compreender o comportamento produtivo ao longo do tempo, e não apenas o resultado final (Figura 20).



Figura 20: Acompanhamento da Execução

- **Medição final da produção:**

Ao término da jornada, realiza-se a marcação na parede, identificando o ponto final da área construída naquele dia, assim, é medida a área no próximo dia de manhã, utilizando novamente a fita métrica e verificando o alinhamento, o prumo e o nivelamento da parede. A produtividade diária é calculada pela diferença entre a metragem inicial e a final, dividida pelo total de horas-homem aplicadas na execução (Figura 21).



Figura 21: Medição Final da Produção

- **Controle, Quantificação e Caracterização da Equipe:**

É realizada a identificação e caracterização dos trabalhadores diretamente envolvidos na execução da alvenaria e suas atividades complementares (execução da argamassa e logística de material) registrando-se a composição da equipa durante o período observado. Esta

informação é necessária para o cálculo da produtividade unitária em hora homem por metro quadrado e para a interpretação dos rendimentos. Para contextualizar as medições, a Tabela 7 sintetiza, para cada observação, a função desempenhada, o local, a produção obtida e as condições operacionais da frente de trabalho.

Tabela 7: Exemplo de Coleta de Dados

Função	Produção	Atividade	Servente	Local	Fornecimento de Material	Observação
Pedreiro	28,00	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	Parede reta inteira
Pedreiro	17,00	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	Paredes pequenas e esquadrias

A indicação de servente constante significa que o apoio auxiliar permaneceu disponível de forma contínua durante o período observado, assegurando tarefas de suporte e evitando paragens por falta de assistência. Já o fornecimento constante de material indica que a execução foi mantida abastecida, sem ruturas logísticas, com entrega regular de blocos e argamassa ao ponto de aplicação, bem como disponibilidade de ferramentas e equipamentos necessários, minimizando tempos improdutivos associados a esperas e deslocações.

De forma complementar, registam-se fotografias em diferentes momentos da execução, com finalidade documental. Estes registos permitem verificar posteriormente as condições da frente de trabalho, o tipo de parede executada e o nível de complexidade do trecho observado, reforçando a rastreabilidade e a transparência dos dados recolhidos

3.4.3. Controle de Qualidade e Verificação das Medições

Para assegurar a confiabilidade das informações obtidas, a área executada registrada em campo é conferida com o projeto, verificando-se se a metragem medida corresponde aos comprimentos e alturas previstos para a área observada. Esta verificação constitui uma inspeção objetiva, baseada em critérios mensuráveis e documentados, reduzindo o risco de erros de leitura e garantindo consistência entre o registo em estaleiro e a geometria definida em projeto (Figura 22).

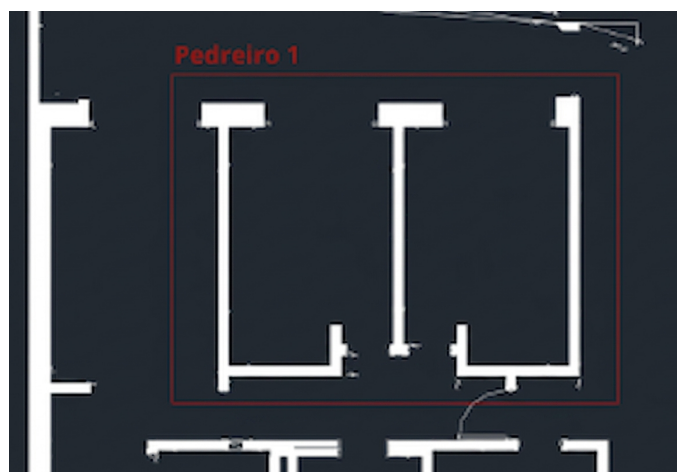


Figura 22: Área Executada Confirmada em Projeto

O controlo de qualidade inclui igualmente inspeções objetivas da execução, com verificação geométrica das paredes por meio do prumo, do nível e do alinhamento das fiadas, bem como da regularidade das juntas horizontais e verticais, assegurando que a produtividade calculada corresponde a uma execução tecnicamente aceitável. Em complemento, é realizada uma inspeção de caráter subjetivo, baseada na observação do acabamento geral, limpeza do trabalho e aspeto final da parede, permitindo identificar indícios de execução deficiente que possam gerar retrabalho posterior e, por conseguinte, enviesar a interpretação dos rendimentos medidos.

3.4.4. Condições Especiais e Critérios de Registo das Atividades

Durante o acompanhamento das frentes de trabalho, foram observadas situações que exigem critérios específicos para o registo e a validação das medições de produtividade. Nem todos os dias de execução de alvenaria apresentam as mesmas condições operacionais, sendo necessário distinguir aqueles em que a atividade principal, o assentamento de blocos, foi executada de forma contínua, daqueles em que ocorreram diversas tarefas complementares ou atividades paralelas que interferem no ritmo produtivo.

Entre as variações mais recorrentes estão os dias em que as equipas realizam serviços auxiliares, como o enchimento de vergas e contravergas, a montagem de formas ou pequenas adaptações estruturais. Essas etapas, embora relacionadas à alvenaria, envolvem procedimentos distintos, com consumo de tempo e recursos diferentes, e não representam diretamente a produtividade da atividade de assentamento em si.

Dessa forma, foram adotados os seguintes critérios metodológicos:

- Dias com execução exclusiva de alvenaria: serão mantidos no banco de dados e considerados válidos para o cálculo da produtividade. Incluem jornadas em que a produção ocorreu de maneira contínua, mesmo com pequenas pausas normais de trabalho.
- Dias com montagem de vergas e contravergas durante o processo: serão mantidos, desde que essas atividades não causem interrupções significativas e a equipe retome o assentamento dentro da mesma jornada, mantendo a continuidade do serviço.

- Dias destinados exclusivamente a atividades complementares, como apenas o enchimento de vergas e contravergas, a concretagem, a preparação de formas ou correções estruturais serão excluídos das medições de produtividade, por não refletirem o desempenho direto da mão de obra na execução da alvenaria.

Além disso, em trechos que envolvem quinas, vãos de portas e janelas ou encontros de paredes, será mantido o registo da produtividade, porém com anotação específica indicando que o trecho apresentava maior complexidade geométrica.

A adoção desses critérios garante a integridade metodológica dos resultados, evitando distorções que possam superestimar ou subestimar a produtividade real da alvenaria. Assim, o conjunto final de medições refletirá unicamente o desempenho da atividade principal, executada sob condições representativas e controladas (Figura 23).



Figura 23: Execução de Verga

3.4.5. Síntese Metodológica

Este subtópico sintetiza, de forma objetiva, o protocolo de recolha in loco adotado para quantificar a produtividade na execução de alvenarias de vedação e enchimento. O objetivo é explicitar as decisões metodológicas que asseguram consistência do registo e compatibilidade com as comparações desenvolvidas nas secções seguintes.

Para tornar os critérios verificáveis, a Tabela 8 apresenta, em formato resumido, as etapas essenciais do procedimento, indicando o objetivo de cada etapa, o tipo de registo realizado e o mecanismo de controlo adotado para reduzir risco de erro e viés na medição.

Tabela 8: Síntese Metodológica

Etapa	Objetivo	O que é registado	Critério de controlo e validação
Registo do input	Quantificar esforço de mão de obra	Hora-homem por período com	Conferência em campo de entradas/saídas e

		composição da equipa e tempo efetivo	alocação real à frente de alvenaria
Medição do output	Quantificar produção executada	Área de parede em m ² por pano e por período	Reconferir pontual e conferência de coerência de qualidade
Verificação e consolidação	Garantir consistência e comparabilidade do dado	Cruzamento entre m ² , hh e notas de campo	Deteção de incoerências e validação cruzada antes de calcular m ² /hh e hh/m ²
Delimitação do escopo	Definir delimitações do que conta como execução de alvenaria	Regras de inclusão e exclusão do serviço e atividades complementares	Aplicação consistente das regras em todas as medições e registo de exceções

A organização do método nessas etapas permite produzir um indicador de produtividade coerente, limitando distorções associadas a fronteiras de escopo pouco claras, variações de equipa e interrupções de produção. Com essa base consolidada, a análise pode avançar para a integração e padronização dos dados.

3.5. Dados de Produtividade Recolhidos

Os dados recolhidos utilizados nesta pesquisa compreendem três conjuntos principais que serão abordados individualmente a seguir.

3.5.1. Dados de Produtividade Recolhidos de Empresas – Situação Brasil

Os dados referentes ao contexto do Brasil correspondem a dez amostras de obras executadas no país, englobando diferentes tipologias construtivas, incluindo habitações unifamiliares, edifícios multifamiliares, obras de reforma e intervenções de pequeno e médio porte. As informações foram coletadas a partir de controlos de produção disponibilizados por empresas do ramo da construção civil, que forneceram registos provenientes das suas próprias obras e sistemas internos de acompanhamento.

De acordo com Yin (2018), a utilização deste tipo de registo enquadra-se como evidência documental recolhida em contexto real de produção, sendo considerada apropriada em estudos de caso desde que a origem dos dados, a fronteira de medição e o protocolo de tratamento sejam explicitados de forma transparente, garantindo rastreabilidade e consistência entre casos. Além disso, a literatura de Eisenhardt (1989) focada em gestão da produção e operações reconhece que dados provenientes de empresas podem suportar análises robustas quando tratados com critérios claros de organização e padronização de indicadores, reduzindo ambiguidades e reforçando a comparabilidade interna.

Por motivos de confidencialidade, a identificação das empresas e das obras foi mantida anónima. Assim, os registos foram tratados sem referência nominal às entidades fornecedoras, preservando-se apenas a informação técnica necessária para caracterizar as amostras e suportar

a análise, sem exposição de dados sensíveis, procedimento compatível com a prática metodológica quando existe confidencialidade industrial (Yin, 2018).

Os valores foram fornecidos na métrica de rendimento em hora-homem por metro quadrado (hh/m²), associados à execução da atividade de alvenaria de enchimento. Além do indicador principal, os registos incluíram informações complementares de contextualização, nomeadamente sobre condições de execução e parâmetros relacionados com qualidade e certificação.

Para organizar e sistematizar as informações das amostras, foi utilizado um modelo de tabela que permite explicitar o tipo de tijolo empregado, a tipologia da obra, a certificação de qualidade, a metragem efetivamente produzida, o total de horas-homem registadas e o índice de produtividade em hh/m² (Tabela 9). O mesmo modelo inclui ainda um campo destinado aos valores de referência extraídos do SINAPI para a atividade de alvenaria, de forma a viabilizar o registo lado a lado dos dados das obras e dos parâmetros normativos.

Tabela 9: Amostras Brasil

Amostra	Medida	Tipologia	Certificado de qualidade	m ²	Horas Homem	Produtividade (hh/m ²)	SINAPI (hh/m ²)	REAL/SINAPI
BR-01	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	1231,9	1155	0,9376	0,770	82,13%
BR-02	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	1675	1440	0,8597	0,770	89,57%
BR-03	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	1090,3	840	0,7704	0,770	99,94%
BR-04	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	1402,5	1120	0,7986	0,770	96,42%
BR-05	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	2535,12	1968	0,7763	0,770	99,19%
BR-06	29x19x10	Casas	Não	1100	856	0,7782	0,770	98,95%
BR-07	29x19x10	Casas	Sim	2640	2024	0,7667	0,770	100,43%
BR-08	29x19x10	Casas	Não	840	760	0,9048	0,770	85,11%
BR-09	29x19x10	Reforma	Não	1454,5	1528	1,0505	0,770	73,30%
BR-10	29x19x10	Galpões	Sim	1175	975	0,8298	0,770	92,79%

3.5.2. Dados de Produtividade Recolhidos em Trabalhos de Contextos Acadêmicos – Situação Portugal

Este conjunto de dados é constituído por quatro amostras de produtividade extraídas de trabalhos académicos desenvolvidos em Portugal, relativas à mesma atividade considerada neste estudo. Importa salientar que estes valores foram medidos em solo português no âmbito de trabalhos de académicos, o que confere aos registos um carácter seguro. Em termos de enquadramento dos casos analisados, as tipologias reportadas nas duas teses incluem um edifício multifamiliar. Além de fornecerem as características do contexto de execução.

A incorporação destas amostras tem como finalidade acrescentar dados ao contexto português, complementando as medições realizadas in loco e reduzindo a dependência exclusiva de parâmetros normativos. Metodologicamente, a utilização de trabalhos académicos

como fonte de dados é enquadrada como análise documental e como análise de dados secundários, desde que o processo de seleção, extração e interpretação seja conduzido de forma sistemática e transparente. Segundo Robert K. Yin (2018), a construção de evidência em estudos de caso pode apoiar-se em múltiplas fontes, incluindo documentação, desde que se mantenha uma cadeia de evidência clara e critérios explícitos de rastreabilidade e qualidade. De acordo com Glenn A. Bowen (2009), os documentos podem ser tratados como dados, desde que o investigador explicita como serão avaliados, quais as suas limitações e de que modo contribuem para o reforço interpretativo e para a triangulação.

Para garantir comparabilidade dos dados com os restantes conjuntos, os valores reportados foram organizados segundo o mesmo modelo padronizado de tabela utilizado nas demais amostras, preservando-se a estrutura dos indicadores adotados e registando-se, de forma rastreável, quaisquer harmonizações necessárias. A base de referência para confronto foi ajustada para os referenciais do LNEC (Tabela 10), assegurando que a comparação, no contexto português, se mantém alinhada com parâmetros técnicos nacionais. Este enquadramento consolida a lógica de integração destas teses como dados observacionais adicionais e prepara a subseção seguinte, na qual se descrevem os procedimentos de normalização, verificação de consistência e tratamento comparativo aplicados a todos os conjuntos de dados antes da análise estatística.

Tabela 10: Amostras Portugal

Amostra	Bloco medida	Tipologia	Certificado de Qualidade	m ²	Horas Homem	Produtividade (hh/m ²)	LNEC (hh/m ²)	REAL / LNEC
PT-02	30x20x22	Edifício multifamiliar	Sim	20	16	0,800	0,900	113%
PT-03	50x20x20	Edifício multifamiliar	Sim	422,35	301	0,713	0,663	93%
PT-04	50x20x20	Edifício multifamiliar	Sim	179,73	120	0,668	0,663	99%
PT-05	40x19x20	Edifício multifamiliar	Sim	62,54	38	0,608	0,604	99%

3.5.3. Amostra das Tabelas de Referência - SINAPI

A base técnica do SINAPI assenta num processo denominado aferição, pelo qual os coeficientes de produtividade de mão de obra são determinados a partir de medições realizadas diretamente em obra. Cada composição aferida apresenta coeficientes determinados estatisticamente a partir de uma amostra composta por, no mínimo, dez obras representativas do território nacional, com medições diárias pelo prazo mínimo de cinco dias em cada uma. O estudo parte da identificação dos fatores que impactam na produtividade de mão de obra e equipamentos e no consumo de materiais de cada grupo de serviços, que são observados e mensurados durante a coleta em obra. Este processo confere às composições do SINAPI uma base empírica de suporte, diferenciando-as de estimativas puramente normativas ou teóricas.

Um aspeto metodológico central é o tratamento dos tempos de trabalho. Os coeficientes de produtividade consideram os tempos totais, produtivos e improdutivos, necessários e

vinculados ao processo de execução do serviço, não considerando os eventos extraordinários, os esforços empregados em retrabalho e as ociosidades resultantes de problemas de gestão. A metodologia apropriada nos coeficientes das composições o tempo improdutivo oriundo de paralisações para instrução da equipe, preparação e troca de frente de trabalho e deslocamentos no canteiro. Esta distinção entre improdutividade inerente ao processo e ociosidade evitável é relevante para a interpretação dos valores de referência, pois significa que os coeficientes publicados refletem condições reais de execução e não um cenário de desempenho ideal (Sinapi, 2025).

Nas composições analíticas, cada serviço construtivo discrimina individualmente os insumos necessários à sua execução, materiais, equipamentos e categorias de mão de obra, associados ao respectivo coeficiente de consumo por unidade de serviço executado. O coeficiente representa a quantidade necessária de cada insumo para realizar a execução de uma unidade do serviço principal, sendo, portanto, a quantificação dos itens considerados na composição de custo. Para a atividade de alvenaria de vedação, a composição de referência adotada neste estudo corresponde ao código PCI.818.01, referente à execução com bloco cerâmico de dimensões $9 \times 19 \times 29$ cm, apresentada na Figura 24. O valor total de referência adotado para comparação neste estudo é de 0,77 hh/m², conforme os coeficientes de mão de obra constantes dessa composição. A equipe básica considerada no SINAPI corresponde a 1 pedreiro + 1 servente, sendo utilizada como parâmetro técnico de confronto com os índices de produtividade observados nas amostras analisadas.

PCI.818.01 - CUSTOS DE COMPOSIÇÕES ANALÍTICO

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 108,90%(HORA) 67,79%(MÊS)

ABRANGÊNCIA: NACIONAL

DATA DE EMISSÃO:14/01/2025 00:10:18

DATA REFERENCIA TECNICA: 13/01/2025

VÍNCULO : CAIXA REFERENCIAL						
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES		H	C	0,6900000	20,67 14,26
	MATERIAL	:	45,17	51,5251914 %		
	MAO DE OBRA	:	42,48	48,4748086 %		
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:	87,65	100,0000000 %	- ORIGEM DE PREÇO: CR	
103356	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X29 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA.		M2			
	AF_12/2021					
7268	BLOCO CERAMICO / TIJOLO VAZADO PARA ALVENARIA DE VEDACAO, 8 FUROS NA HORIZ UN		CR	18,8700000	1,23	23,21
	ONTAL DE 9 X 19 X 29 CM (L X A X C)					
34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1, M		CR	0,4200000	2,69	1,12
	70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM					
37395	PINO DE ACO COM FURO, HASTE = 27 MM (ACAO DIRETA)		CENTO	CR	0,0050000	88,59 0,44
87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA M3		CR	0,0077000	618,76	4,76
	EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO					
	COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019					
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES		H	C	0,7700000	28,15 21,67
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES		H	C	0,3850000	20,67 7,95
	EQUIPAMENTO	:	0,01	0,0169405 %		
	MATERIAL	:	35,66	60,2744368 %		
	MAO DE OBRA	:	23,48	39,7086227 %		
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:	59,15	100,0000000 %	- ORIGEM DE PREÇO: CR	
103357	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X29 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_12/2021		M2			
7268	BLOCO CERAMICO / TIJOLO VAZADO PARA ALVENARIA DE VEDACAO, 8 FUROS NA HORIZ UN		CR	18,8700000	1,23	23,21
	ONTAL DE 9 X 19 X 29 CM (L X A X C)					

Figura 24: Exemplo de tabela de Rendimentos

Fonte: SINAPI (2025)

É importante destacar que, por refletirem condições médias de execução obtidas em campo, os valores do SINAPI servem de orientação, não garantindo por si só resultados numa obra específica, uma vez que variações de contexto, equipa, logística e tipologia construtiva influenciam diretamente o desempenho produtivo real. A forma de definição desses

coeficientes difere ainda dos métodos utilizados noutras bases de referência: no caso português, as tabelas de rendimentos do LNEC utilizam critérios próprios para a definição das equipas de trabalho e das produtividades associadas, o que coloca questões metodológicas relevantes quanto à comparabilidade direta entre os dois sistemas, questão analisada na secção seguinte.

3.5.4. Amostra das Tabelas de Referência – Tabelas de rendimentos LNEC

O LNEC publica desde 1968 a série Informação sobre Custos, composta por fichas de rendimentos relativas a operações de construção civil. Ao longo das décadas, estudos conduzidos pelo LNEC permitiram rever, atualizar e ampliar o conteúdo dessas fichas, resultando num conjunto de 2712 fichas na edição mais recente. Estas encontram-se classificadas segundo o sistema CI/SfB e organizadas de modo a contemplar a maioria das situações de trabalho que ocorrem na construção de edifícios (Manso, Fonseca e Espada, 2013). Estes referenciais constituem uma base técnica amplamente utilizada na prática profissional em Portugal, servindo de apoio à elaboração de estimativas orçamentais, à definição de especificações técnicas e ao planeamento e controlo da produção em obras públicas e privadas.

Cada ficha de rendimento descreve uma operação de construção e discrimina os recursos necessários à sua execução, materiais, equipamentos e categorias de mão de obra, associando a cada recurso um coeficiente de consumo por unidade de serviço executado.

O custo direto apresentado em cada ficha é calculado com base num coeficiente de eficiência unitário (coef. eficiência = 1,00), que representa condições normais de execução, assumindo ausência de perturbações extraordinárias. A aplicação prática destes valores em contexto de obra exige, contudo, a consideração de margens de ajustamento relacionadas com as condições específicas de execução, tais como organização do canteiro, logística de materiais e composição das equipas de trabalho. Assim, os rendimentos tabelados devem ser interpretados como valores de referência técnica, cuja utilização implica a atualização dos custos unitários e a aplicação de fatores corretivos compatíveis com as características da obra em análise (Manso, Fonseca e Espada, 2013).

Neste estudo, o foco incide sobre os rendimentos de atividades de alvenaria reportados nas fichas do LNEC, que fornecem valores de referência utilizados para comparação com os dados empíricos analisados. A Figura 25 apresenta os valores das tabelas considerados nesta investigação.

DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO. (Unidade = m³)			IC 478	
Camada de blocos de betão 40x20x10 cm com 10cm de espessura assentes com argamassa de cimento e areia ao traço 1:5			Código: 2040	
Quantidade	Un.	Descrição dos Recursos	Custos (€)	
			Unitários	Totais
0,10	l	Gasóleo	0,70	0,07
12,00	un	Bloco de betão 40x20x10 cm	0,37	4,44
				4,51
0,02	h	Dumper 1000 12 cv	13,49	0,2698
				0,2698
0,44	h	Pedreiro	7,52	3,3088
0,45	h	Servente	6,21	2,7945
0,01	m2	Operação auxiliar código 90017	48,89	0,53779
CUSTO DIRECTO (coef. eficiência = 1,00)				11,42
Custo Directo: MATERIAIS = 42.8% EQUIPAMENTOS = 2.5% MÃO-DE-OBRA = 54.7%				
CUSTO DA OPERAÇÃO (S/lucro. % Custos Indirectos de 10.0%)				12,56
CUSTO TOTAL DA OPERAÇÃO (% de Lucros de 8.0%)				13,57

Figura 25: Tabela de Rendimentos
Fonte: LNEC (2009)

De acordo com os valores apresentados nas tabelas do LNEC, para o assentamento de alvenaria com blocos de betão de 40 cm de comprimento foi necessário realizar uma adaptação para possibilitar a comparação com o sistema observado em campo, no qual se utilizam blocos cerâmicos com comprimento aproximado de 45 cm. Como o LNEC não apresenta rendimento específico para esta dimensão nem para blocos cerâmicos em condição diretamente equivalente, adotou-se como base comparativa o valor de referência de 0,44 hh/m² associado ao bloco de 40 cm.

Considerando que o aumento do comprimento do bloco tende a reduzir o consumo de mão de obra por área executada, em virtude da menor quantidade de unidades necessárias por metro quadrado de parede, foi aplicada uma hipótese simplificadora de primeira ordem, ajustando aproximadamente 10% para refletir a diferença de comprimento entre 40 cm e 45 cm. Este procedimento de ajuste proporcional, baseado na dimensão das unidades de alvenaria, é metodologicamente coerente com abordagens presentes na literatura quando os referenciais disponíveis não correspondem exatamente às dimensões observadas em obra. O ajuste resultou num valor estimado de aproximadamente 0,40 hh/m², utilizado neste estudo exclusivamente como referência comparativa para o contexto português.

Além deste valor ajustado, foram considerados outros rendimentos reportados nas fichas do LNEC para diferentes dimensões de blocos, com o objetivo de enquadrar o efeito da dimensão das unidades na produtividade do assentamento de alvenaria. Estes valores não foram objeto de qualquer adaptação, sendo utilizados apenas como referência comparativa. A ficha 2018 do LNEC apresenta um rendimento de 0,90 hh/m² para blocos com dimensões de 30 × 20 × 22 cm, enquanto a ficha 2051 indica um rendimento de 0,663 hh/m² para blocos de 50 × 20 × 20 cm. Para blocos com dimensões de 40 × 19 × 20 cm, a ficha 2043 apresenta um rendimento de 0,604 hh/m². A análise conjunta destes valores evidencia a tendência observada na literatura técnica de que unidades de maior dimensão tendem a reduzir o consumo de mão de obra por metro quadrado executado, uma vez que implicam menor número de peças assentadas para a

mesma área de parede. Estes valores (Tabela 11) são utilizados neste trabalho apenas como enquadramento técnico adicional, não correspondendo diretamente ao bloco cerâmico utilizado na situação empírica analisada.

Tabela 11: Valor dos Índices de rendimento tabelados pela SINAPI e LNEC

Índices	SINAPI	LNEC			
Dimensões	29x19x10	45x19x10	30x20x22	50x20x20	40x19x20
Valor Tabelado (hh/m ²)	0,77	0,40	0,900	0,663	0,604

3.5.5. Padronização dos Dados

A padronização foi aplicada para tornar comparáveis os valores provenientes de referenciais técnicos, das amostras empíricas e dos dados de terceiros, controlando diferenças de unidade, forma de registo e consistência de cálculo. Todos os indicadores foram convertidos para uma métrica comum em horas-homem por metro quadrado (hh/m²), mantendo-se também o indicador inverso em metro quadrado por hora-homem (m²/hh) quando útil para leitura e interpretação.

Um aspeto metodológico determinante para a uniformização diz respeito à composição das horas contabilizadas no indicador. Em todas as situações analisadas neste estudo, o valor hh/m² considera exclusivamente as horas do pedreiro oficial, diretamente responsável pela execução do assentamento da alvenaria. Este critério foi adotado de forma uniforme nas medições in loco realizadas em Portugal, nos valores reportados pelas duas dissertações académicas portuguesas e nos dados de produtividade fornecidos pelas dez empresas brasileiras. Em todas estas situações, o abastecimento de material e o apoio do servente foram mantidos em condições contínuas e estáveis ao longo da execução, sendo tratados como condições de contexto operacional e não como variáveis de desempenho a contabilizar. Esta uniformidade é igualmente verificada nos referenciais técnicos adotados, cujos valores de referência pressupõem a disponibilidade contínua de material como condição de base (Manso; Fonseca; Espada, 2013).

A estrutura de comparação adotada organiza-se em dois eixos independentes, correspondentes aos dois contextos analisados. No contexto português, os dados são constituídos pela medição in loco realizada em obra e pelos valores provenientes das duas dissertações académicas portuguesas. Para a determinação de um indicador médio de produtividade em Portugal, expresso em horas-homem por metro quadrado (hh/m²), não se recorre, nesta fase, ao cálculo de médias ponderadas, uma vez que as amostras consideradas apresentam diferenças relevantes nos tipos de blocos utilizados, nomeadamente em termos de dimensões, material e peso, o que influencia diretamente os valores de produtividade obtidos nas tabelas de referência.

A agregação direta destes dados poderia resultar em uma leitura pouco representativa do desempenho real. Dessa forma, opta-se por manter a análise individual das amostras na maioria dos casos, preservando a coerência dos dados nesta etapa. A exceção aplica-se às amostras que utilizam blocos de mesmas dimensões e cujo valor de referência correspondente é idêntico, situação em que se calcula a média aritmética das produtividades observadas antes

da comparação, reduzindo a redundância analítica sem comprometer a representatividade do resultado. Para as amostras com tipologias de bloco distintas e, consequentemente, com valores de referência diferenciados, a comparação é mantida individualmente, dado que a agregação introduziria distorções na relação entre o valor observado e o referencial técnico aplicável a cada caso.

No contexto brasileiro, os dados empíricos são constituídos pelas dez amostras de produtividade fornecidas por empresas de construção civil. A média ponderada entre estas amostras, igualmente calculada com base na área executada como fator de ponderação, produz o indicador representativo do contexto brasileiro. Este valor é confrontado com o referencial técnico nacional, as composições analíticas do SINAPI, permitindo avaliar a proximidade entre os rendimentos observados em obra e os parâmetros normativos de referência utilizados no Brasil.

As amostras de produtividade provêm de empresas distintas e abrangem diferentes tipologias de obra, com áreas executadas variadas, porém com blocos de mesma dimensão e mesma tabela de referência. Para representar o desempenho médio global, a produtividade média ponderada é calculada considerando a área executada como fator de ponderação, conforme apresentado na Equação 4.

$$\bar{P}_{BR} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{i,BR} \cdot A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4)$$

Onde $\bar{P}_{BR}$ é a produtividade média ponderada no Brasil em horas-homem por metro quadrado, $P_{i,BR}$ é a produtividade observada da amostra i no Brasil, A_i é a área executada da amostra i e n é o número total de amostras brasileiras analisadas.

De forma equivalente, a produtividade média ponderada pode ser expressa pela razão entre o total de horas-homem consumidas e a área total executada, conforme apresentado na Equação 5.

$$\bar{P}_{BR} = \frac{\sum_{i=1}^n HH_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (5)$$

Essa abordagem assegura que amostras com maior volume produtivo tenham maior influência no valor médio final, evitando distorções associadas à utilização de médias aritméticas simples em conjuntos de dados heterogêneos.

Esta estrutura bipartida garante que cada contexto é analisado em relação ao seu próprio referencial técnico nacional, assegurando coerência metodológica e evitando comparações cruzadas que não seriam diretamente equivalentes numa primeira instância.

3.6. Análise de Dados Obtidos

A análise de dados será realizada com base na consolidação de informações provenientes de diferentes fontes, incluindo medições diretas em obra, tabelas de rendimento e dados obtidos de terceiros. Esses dados foram organizados e tratados de forma sistemática para o cálculo das produtividades, permitindo a análise descritiva dos resultados e sua posterior comparação com valores de referência da literatura técnica.

3.6.1. Descrição das Amostras de Produtividade

Antes de avançar para as comparações, é necessário compreender a natureza de cada grupo amostral, dado que os dados provêm de contextos produtivos com características distintas quanto à tipologia construtiva, ao método de execução e à forma de registo. Essa heterogeneidade não constitui uma limitação do estudo, mas antes um reflexo da realidade operacional da construção civil em ambos os países, onde a produtividade da alvenaria de enchimento varia em função de condicionantes que vão desde a organização das equipas até ao grau de padronização dos processos no canteiro. Reconhecer essas diferenças à partida é condição necessária para interpretar os desvios que surgirão nas análises subsequentes com o devido rigor contextual.

Nesse sentido, a base de dados foi estruturada em seis grupos, organizados segundo o país de origem, a fonte dos dados e a tipologia de empreendimento, conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12: Grupos de Amostras

Grupo	Subgrupo	Origem dos Dados	Tipo de Empreendimento	Método de Coleta
Portugal	Amostras In Loco	Obras acompanhadas diretamente	Edifícios multifamiliares	Medição direta (m ² /hh e hh/m ²)
Portugal	Teses Acadêmicas	Trabalhos académicos	Edifícios multifamiliares	Dados secundários estruturados
Brasil	Empresas Terceiras (multifamiliar)	Empresas do setor	Edifícios multifamiliares	Dados produtivos fornecidos
Brasil	Empresas Terceiras (unifamiliar)	Empresas do setor	Habitação unifamiliar	Dados produtivos fornecidos
Brasil	Empresas Terceiras (reformas)	Empresas do setor	Reformas residenciais	Dados produtivos fornecidos
Brasil	Empresas Terceiras (Galpões)	Empresas do setor	Galpões industriais	Dados produtivos fornecidos

No contexto português, os dois subgrupos cobrem o mesmo tipo de empreendimento, edifícios multifamiliares, mas distinguem-se pelo método de obtenção dos dados. As amostras in loco resultam de acompanhamento direto em obra, com registo cronometrado das jornadas e medição das áreas executadas conforme protocolo descrito na secção 3.4, garantindo controlo total sobre as fronteiras de escopo. As teses académicas, por sua vez, fornecem dados observacionais recolhidos em contextos semelhantes por outros investigadores, e foram incorporadas após verificação da compatibilidade metodológica, assegurando que os

indicadores reportados são expressos na mesma métrica e referem-se à mesma atividade delimitada neste estudo.

No contexto brasileiro, a diversidade tipológica é intencional. A inclusão de edifícios multifamiliares, habitação unifamiliar, reformas residenciais e galpões industriais permite avaliar em que medida o referencial SINAPI responde a realidades produtivas distintas, expondo eventuais limitações do seu uso generalizado independentemente das condições de execução. Tipologias com menor grau de repetição, como reformas e galpões, tendem a apresentar rendimentos menos estáveis, o que torna a comparação com um valor tabelado único especialmente relevante do ponto de vista da gestão de obra.

Para cada amostra, o índice de produtividade é expresso em horas-homem por metro quadrado (hh/m²), calculado pela relação entre o total de horas-homem efetivamente consumidas e a área de alvenaria executada. Este indicador é apresentado em conjunto com o respetivo valor de referência, extraído do SINAPI para o contexto brasileiro e das tabelas de rendimentos do LNEC para o contexto português, possibilitando o enquadramento de cada caso face ao parâmetro normativo aplicável. A informação de cada amostra é sistematizada em tabela que reúne a área executada, o total de horas-homem registadas, o índice de produtividade calculado e o valor de referência correspondente. Quando pertinente, são incluídas notas de contextualização relativas à composição da equipa e à qualidade de execução observada, com o propósito de apoiar a interpretação dos resultados nas secções seguintes.

3.6.2. Primeiro Caso: Comparação Entre Dados Empíricos e Valores de Referência

Os referenciais técnicos como o SINAPI e as tabelas de rendimentos do LNEC são construídos a partir de condições de execução que se pretendem representativas, mas que raramente coincidem com a totalidade das situações encontradas em obra. A questão que este primeiro caso coloca não é se existem desvios entre o valor tabelado e o valor observado, pois alguma variação é esperada e inerente a qualquer contexto produtivo real, mas sim qual a magnitude e o sentido desses desvios e o que revelam sobre a utilidade prática dos referenciais enquanto instrumentos de planeamento e dimensionamento de equipas.

Para operacionalizar essa comparação, define-se o índice de comparação de referência, calculado como a razão entre a produtividade observada, proveniente tanto das medições empíricas diretas como dos dados fornecidos por terceiros, e o valor de produtividade de referência técnica aplicável à mesma atividade, na mesma métrica de horas-homem por metro quadrado (hh/m²), conforme a Equação 6. A opção por expressar a relação como uma razão simples entre os dois valores, e não como uma diferença absoluta, deve-se ao facto de que a razão permite uma leitura adimensional e diretamente comparável entre amostras com áreas executadas e volumes de horas-homem distintos, preservando a proporcionalidade relativa independentemente da escala de cada caso.

$$\text{Índice de comparação de referência} = \frac{\text{Produtividade Observada}}{\text{Produtividade de Referência}} \quad (6)$$

O numerador da equação corresponde ao índice de produtividade calculado para cada amostra a partir dos dados recolhidos, expresso em hh/m², obtido pela divisão do total de horas-

homem efetivamente consumidas na execução da alvenaria pela área total de parede executada no mesmo período, conforme o procedimento de cálculo detalhado na seção 3.5.5. O denominador corresponde ao valor de referência técnica extraído do SINAPI, para as amostras do contexto brasileiro, e das tabelas de rendimentos do LNEC, para as amostras do contexto português, selecionado com base na correspondência entre o tipo de bloco utilizado em cada amostra e a composição ou ficha de rendimento aplicável, conforme descrito nas seções 3.5.3 e 3.5.4.

O índice é apresentado em percentagem, multiplicando-se o resultado da razão por 100. Valores próximos de 100% indicam alinhamento entre o desempenho observado e o parâmetro técnico adotado. Valores superiores a 100% traduzem uma produtividade observada acima da referência, ou seja, menor consumo relativo de horas-homem por metro quadrado do que o previsto pelo referencial, o que pode decorrer de condições de execução favoráveis, maior grau de padronização do processo construtivo ou equipas com elevada experiência na atividade. Valores inferiores a 100% indicam o sentido oposto, com maior consumo de mão de obra do que o estimado pelo referencial, situação que pode estar associada a maior complexidade geométrica das paredes, menor ritmo produtivo ou condições operacionais menos favoráveis.

Importa sublinhar que o índice não constitui uma medida de eficiência absoluta, mas um indicador relacional que exprime a distância entre a prática observada e o parâmetro técnico de referência adotado em cada contexto. A comparação é realizada amostra a amostra, preservando a granularidade dos dados antes de qualquer agregação, o que permite identificar padrões de comportamento dentro de cada grupo tipológico e avaliar a consistência do referencial perante diferentes realidades de execução.

3.6.3. Segundo Caso: Análise de Proximidade em Relação aos Valores de Referência

Neste terceiro caso, a finalidade é quantificar, de forma direta e comparável, o quanto a produtividade observada se afasta do valor de referência adotado, permitindo interpretar aderência e magnitude do desvio sem depender apenas de leitura qualitativa. Esta etapa é particularmente útil porque valores de referência como LNEC e SINAPI são usados como base técnica para planeamento e orçamentação; assim, medir a proximidade em termos relativos ajuda a discutir, no Capítulo 4, se os resultados empíricos se situam dentro de variações aceitáveis ou se apontam para diferenças relevantes de contexto e execução que merecem análise crítica.

O índice de proximidade em relação aos valores de referência é definido como a razão entre a diferença entre a produtividade empírica observada e o valor de produtividade de referência e o próprio valor de referência, conforme a Equação 7.

$$\text{Índice de proximidade} = \frac{\text{Produtividade Observada} - \text{Valor de Referência}}{\text{Valor Referência}} \quad (7)$$

Esse indicador expressa o desvio relativo: valores próximos de 0 indicam elevada aderência ao referencial; valores positivos indicam que a produtividade empírica é superior ao valor de referência, enquanto valores negativos indicam produtividade inferior. A utilização

desta razão permite comparar desvios entre amostras distintas no mesmo eixo percentual, facilitando a identificação de padrões de aproximação ou afastamento e suportando a discussão sobre fatores que explicam esses desvios em condições reais de obra.

3.6.4. Terceiro Caso: Comparação do Esforço Produtivo por Unidade de Massa

A comparação entre os índices de produtividade expressos em horas-homem por metro quadrado, embora metodologicamente adequada para avaliar a aderência aos referenciais técnicos, apresenta uma limitação relevante quando o objetivo é comparar diretamente o esforço produtivo entre os contextos brasileiro e português: os blocos utilizados nos dois países diferem significativamente em dimensões e peso unitário. Um bloco de 29x19x10 cm com 4 kg, predominante nas amostras brasileiras, exige um esforço físico por unidade muito distinto de um bloco de 50x20x20 cm com 16 kg, utilizado em Portugal. Como o indicador hh/m² agrega esse esforço por área executada, ele incorpora implicitamente o efeito do tamanho e do peso do bloco sem o isolar, o que dificulta a interpretação das diferenças de desempenho produtivo entre os dois contextos de forma independente da geometria do material.

Para contornar essa limitação, introduz-se neste caso o indicador de horas por quilograma (h/kg), que expressa o tempo de mão de obra consumido por unidade de massa de material assentado, permitindo uma leitura do esforço produtivo normalizada pelo peso do bloco e, portanto, comparável entre amostras que utilizam materiais de dimensões distintas. O cálculo deste indicador é realizado em três etapas sequenciais, garantindo rastreabilidade integral desde as dimensões nominais do bloco até ao valor final obtido.

O primeiro passo consiste em determinar a densidade de blocos por metro quadrado (blocos/m²) para cada tipo de bloco presente na base de dados. Este valor não é obtido diretamente das amostras, mas calculado a partir das dimensões nominais do bloco, considerando uma espessura de junta de assentamento de 0,5 cm em cada lado do bloco, tanto na direção horizontal como na vertical, resultando numa junta total de 1 cm em cada sentido. Assim, a área efetiva ocupada por cada bloco na parede, incluindo a sua parcela de junta, é dada pelo produto entre a soma do comprimento nominal com 1 cm e a soma da altura nominal com 1 cm, conforme a Equação 8.

$$\text{Área efetiva por bloco (m}^2\text{)} = (\text{Comprimento} + 0,01) \times (\text{Altura} + 0,01) \quad (8)$$

A densidade de blocos por metro quadrado é então obtida pelo inverso dessa área efetiva, representando o número de blocos necessários para cobrir um metro quadrado de parede nas condições de junta adotadas, conforme a Equação 9.

$$\frac{\text{Blocos}}{\text{m}^2} = 1 / \text{Área efetiva por bloco} \quad (9)$$

Como exemplo, para o bloco de 29x19x10 cm predominante nas amostras brasileiras, a área efetiva por bloco é de $(0,29 + 0,01) \times (0,19 + 0,01) = 0,30 \times 0,20 = 0,06 \text{ m}^2$, resultando numa densidade de aproximadamente 16,67 blocos/m², valor que se confirma diretamente na

tabela de amostras. Para os blocos portugueses, cujas dimensões variam entre as amostras, o mesmo procedimento é aplicado individualmente, obtendo-se densidades distintas, como os 10,87 blocos/m² do bloco de 45x19x10 cm (PT-01) ou os 9,34 blocos/m² do bloco de 50x20x20 cm (PT-03 e PT-04).

Com a densidade de blocos por metro quadrado determinada, o indicador de horas-homem por bloco (hh/bloco) é obtido diretamente pela divisão do índice de produtividade em hh/m² pelo número de blocos por metro quadrado, conforme a Equação 10.

$$\frac{hh}{bloco} = \frac{\frac{hh}{m^2}}{Blocos} / m^2 \quad (10)$$

Por fim, o indicador h/kg é calculado pela divisão do valor de hh/bloco pelo peso unitário do bloco utilizado em cada amostra, expresso em quilogramas, conforme a Equação 11.

$$\frac{h}{kg} = hh/bloco / \text{Peso unitário do bloco (kg)} \quad (11)$$

Esta sequência de cálculo garante rastreabilidade integral do indicador, permitindo verificar de forma transparente a origem de cada resultado apresentado na tabela de amostras. A comparação entre os dois contextos é realizada sem recurso de valores de referência normativos externos, uma vez que nem o SINAPI nem o LNEC disponibilizam parâmetros expressos nesta métrica. O confronto é, portanto, direto entre os valores observados nas amostras portuguesas e brasileiras, mantendo cada amostra de forma individual.

A introdução deste indicador complementar não substitui a análise em hh/m², mas acrescenta uma dimensão de leitura que permite avaliar se as diferenças de produtividade observadas entre os dois contextos se mantêm quando o esforço é normalizado pela massa do material, ou se, pelo contrário, parte dessas diferenças é explicada pelas características físicas dos blocos utilizados.

3.6.5. Comparação Final Entre os Resultados Brasileiros e Portugueses

Neste subtópico consolida-se a estratégia de comparação entre Brasil e Portugal a partir dos conjuntos de dados já compilados, validados e padronizados, utilizando os três indicadores definidos anteriormente como estrutura comum de leitura. O objetivo é transformar os valores numéricos em evidência comparável, mas também criar condições para uma discussão interpretativa, em que os desvios observados são analisados à luz do contexto de execução descrito nas amostras e das respostas já tratadas no referencial teórico, como planeamento e controlo da produção, logística, coordenação de frentes e controlo da qualidade.

A análise será conduzida em dois níveis complementares. Num primeiro nível, os resultados serão apresentados de forma objetiva por amostra e por país, permitindo observar padrões, dispersões e aproximações entre os contextos. Num segundo nível, será feita uma leitura interpretativa baseada nos registos disponíveis e na caracterização das amostras, para explicar por que determinados valores se aproximam ou se afastam, distinguindo variações

esperadas de efeitos sistemáticos ligados a organização do trabalho, continuidade de frentes, interferências e requisitos de qualidade. Para evitar que amostras de pequena escala distorçam o valor central, serão também utilizadas sínteses por país com médias ponderadas pela metragem executada, obtendo um indicador médio mais representativo do volume produzido.

Com este enquadramento, o capítulo seguinte passa a apresentar resultados já estruturados para discussão, permitindo relacionar diferenças de produtividade com números, mas com as condições que governam o desempenho em obra e com a aplicabilidade dos referenciais técnicos em cada contexto.

4. Resultados e Discussões

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da descrição e da análise das amostras de produtividade consideradas nesta investigação. A estrutura adotada fundamenta-se na apresentação sistemática dos dados validados, seguida da aplicação de procedimentos comparativos entre rendimentos medidos diretamente em obra e valores de referência provenientes de estudos e levantamentos previamente realizados, assegurando coerência com os objetivos definidos e com os procedimentos metodológicos adotados.

As amostras são apresentadas, separadas por categorias, e padronizadas, permitindo a compreensão do contexto produtivo de cada caso antes da realização das análises comparativas. A organização dos resultados foi concebida de modo a garantir clareza, rastreabilidade dos dados e consistência metodológica, estabelecendo uma base sólida para a interpretação crítica dos desempenhos produtivos e para a discussão desenvolvida nas seções subsequentes.

4.1. Dados Utilizados no Contexto de Análise de Produtividade em Portugal

Primeiramente, são apresentados os dados recolhidos *in loco*, resultantes da medição direta da atividade analisada em obra, refletindo condições reais de execução e organização produtiva.

Em seguida, são introduzidos dois conjuntos adicionais de dados, provenientes de dissertações académicas desenvolvidas em Portugal. Esses dados secundários foram selecionados com base na compatibilidade metodológica com o presente estudo, nomeadamente quanto à definição da atividade analisada, à unidade de medição adotada e à forma de cálculo dos índices de produtividade.

4.1.1. Amostras Recolhidas In Loco de Portugal

Esta subseção apresenta a amostra de produtividade recolhida *in loco* em obra, correspondente à medição direta da atividade analisada em contexto real de execução. Os dados resultam do acompanhamento da produção, com registo da metragem executada, das horas-homem gastas, do fornecimento de material, do acompanhamento dos serventes, de observações sobre o local de execução e dados de observação sobre a produção. A campanha de recolha abrangeu um total de 73 dias de medição, distribuídos por dois períodos distintos: o primeiro decorreu em setembro de 2025 e o segundo em outubro e novembro de 2025, sendo a interrupção entre ambos motivada por uma pausa na frente de trabalho. As medições foram realizadas num único edifício de uso residencial multifamiliar, com seis pavimentos, localizado no concelho de Bragança, tendo sido acompanhada a execução da alvenaria em diferentes pavimentos ao longo do período de observação. Importa salientar que, por este motivo, há distinção entre as tabelas apresentadas. Segue uma amostragem dos dados na Tabela 13 e o restante no Apêndice A.

Tabela 13: Recolha de Dados in Loco

Função	Produção (m2)	Atividade	Servente	Local	Fornecimento de Material	Observação
Pedreiro	17	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	20,86	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	Pequenas paredes
Pedreiro	36,32	Alvenaria	Constante	1º Pavimento	Constante	Parede reta no corredor
Pedreiro	28	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	24,8	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	Parede reta no andar
Pedreiro	34	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	Parede reta inteira
Pedreiro	18,1	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	12	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	Várias esquadrias
Pedreiro	21	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	15,19	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	Algumas esquadrias
Pedreiro	19,88	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	28	Alvenaria	Constante	2º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	16,26	Alvenaria	Constante	1º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	24	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	15	Alvenaria	Constante	1º Pavimento	Constante	Várias esquadrias
Pedreiro	25,14	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	19,29	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	Algumas esquadrias
Pedreiro	23,93	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	30,35	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	Parede reta inteira
Pedreiro	18,74	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	Algumas esquadrias
Pedreiro	22,8	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	14,16	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	Algumas esquadrias
Pedreiro	19,81	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	19,52	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	27,28	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	-
Pedreiro	15,26	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	Várias esquadrias
Pedreiro	34,72	Alvenaria	Constante	3º Pavimento	Constante	Parede reta inteira

Nota: servente considerado como mão de obra de apoio nesta amostra.

A amostra reflete condições reais de obra, estando sujeita a variações operacionais típicas do processo construtivo. Observa-se que a produtividade não se mantém constante ao longo da execução, apresentando oscilações associadas às características geométricas das áreas trabalhadas e às condições específicas do ambiente de obra.

Em áreas com paredes retas e geometrias simples, a execução tende a apresentar maior regularidade e fluidez produtiva. Por outro lado, em zonas como corredores com múltiplos compartimentos, verifica-se maior complexidade executiva, associada à presença de vergas, contravergas, vãos de portas e maior necessidade de cortes e ajustes, fatores que impactam diretamente o ritmo de produção.

Além da geometria, foram registadas interferências pontuais relacionadas a intempéries, à organização do canteiro, à disponibilidade de materiais e às interações com outras frentes de trabalho, as quais contribuíram para variações locais na produtividade observada, mas fazem parte do processo. Dados os quais as interferências tornaram o serviço muito abaixo do rendimento ou inviável, foram excluídos.

Importa salientar que a equipa responsável pela execução da atividade analisada era constituída por profissionais especializados em serviços de alvenaria, com atuação recorrente nesse tipo de atividade. Tratava-se de uma equipa com composição estável, divisão de funções consolidada e domínio dos procedimentos executivos, características que favorecem a regularidade e a fluidez do processo produtivo. O índice de produtividade sintetizado na Tabela 14 foi obtido pela divisão do total de horas-homem contabilizadas pela área total de alvenaria

executada, expressa em metros quadrados, resultando no indicador em hh/m². Este valor foi posteriormente confrontado com o referencial técnico do LNEC aplicável à tipologia de bloco utilizada, através do cálculo do rácio LNEC/Real, que quantifica o grau de proximidade entre o desempenho observado em obra e o parâmetro de referência adotado.

Tabela 14: Resumo médio de Produtividade

Alvenaria	Tijolo Medida	m ²	Horas Homem	Produtividade (hh/m ²)	LNEC (hh/m ²)	LNEC/REAL
PT-01	45x19x10	1502,71	638,75	0,425	0,400	94%

Adicionalmente, a equipa dispunha de todos os equipamentos e ferramentas adequados à execução da atividade, reduzindo tempos improdutivos e favorecendo a obtenção de um rendimento global superior quando comparado a equipas menos especializadas ou formadas de maneira ocasional. Regista-se ainda que todas as paredes executadas no âmbito desta amostra foram submetidas a inspeções de qualidade, tendo cumprido os critérios técnicos exigidos, sem necessidade de retrabalhos significativos, conforme indicado na Figura 27.



Figura 27: Checagem de Prumo In Loco

Relativamente ao desempenho produtivo observado, o índice de produtividade obtido nesta amostra correspondeu a cerca de 94% do valor de referência indicado para a atividade analisada. Este nível de proximidade sugere que o processo executivo apresentou eficiência global compatível com o padrão técnico adotado, ainda que a medição tenha incorporado elementos do ciclo produtivo que, em geral, não são contemplados de forma explícita nos valores de referência, como tarefas complementares associadas à execução.

Além disso, o resultado indica estabilidade operacional da frente de trabalho, na medida em que a produtividade alcançada se manteve próxima do parâmetro mesmo em ambiente real, sujeito a interferências e microparagens inerentes ao canteiro. Assim, a amostra contribui para reforçar a coerência do procedimento de comparação adotado neste capítulo e sustenta a

interpretação de que as condições de organização, planeamento e adequação da equipa podem reduzir o impacto de atividades secundárias no rendimento global, aproximando o desempenho observado dos referenciais técnicos utilizados.

4.1.2. Amostra Proveniente das dissertações académicas realizadas em Portugal

Esta subsecção apresenta as amostras de produtividade obtidas a partir de dados provenientes de duas dissertações académicas desenvolvidas em contexto português, identificadas como PT-02, PT-03, PT-04 e PT-05. As informações referem-se a medições da atividade de alvenaria realizadas em obra no âmbito dos estudos de origem, tendo sido adotados procedimentos metodológicos compatíveis com os utilizados nesta investigação, o que permite a utilização dos dados para fins comparativos. A incorporação destas fontes tem como finalidade complementar a base empírica do estudo no contexto português, ampliando a diversidade de situações analisadas e permitindo verificar a coerência do referencial técnico do LNEC face a diferentes condições reais de execução.

Todas as amostras analisadas inserem-se em empreendimentos multifamiliares, executados em sistema produtivo controlado, com organização de obra estável e planeamento previamente definido. No que se refere à qualidade, todas as superfícies executadas foram aprovadas de acordo com os critérios técnicos definidos nas teses de referência, não sendo registados retrabalhos significativos, conforme evidenciado nos registos fotográficos associados aos estudos de origem (Figura 28).



Figura 28: Execução da Alvenaria

Fonte: Faria (2020)

A primeira fonte corresponde à dissertação "Rendimentos e Controlo de Mão de Obra numa Pequena Empresa de Construção", de Campelo (2018), desenvolvida na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Desta dissertação foi extraída a amostra PT-02, referente à execução de alvenaria com blocos cerâmicos de dimensões $30 \times 20 \times 22$ cm, com peso unitário de 10 kg, em edifício multifamiliar. A medição abrangeu uma área de 20 m^2 , com 16 horas-homem registadas, resultando num índice de produtividade de $0,800 \text{ hh/m}^2$. O valor de referência aplicável, constante da ficha LNEC 2018, é de $0,900 \text{ hh/m}^2$, correspondendo a um rácio REAL/LNEC de 113%, o que indica um desempenho observado superior ao parâmetro de referência. Este resultado deve ser interpretado com cautela, dado o reduzido volume de dados desta amostra, apenas 20 m^2 medidos, o que limita a sua representatividade e amplifica a sensibilidade do indicador a variações pontuais do processo produtivo.

A segunda fonte é a dissertação "Avaliação do Impacto de Aspetos de Forma dos Elementos na Produtividade do Assentamento de Alvenarias", de João Alberto Dantas Faria (2020), submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Especialização em Construções. Desta dissertação foram extraídas três amostras, todas referentes a edifícios multifamiliares com certificado de qualidade. A amostra PT-03 refere-se à execução com blocos de 50×20×20 cm, abrangendo 422,35 m² e 301 horas-homem, resultando num índice de produtividade de 0,713 hh/m², com rácio REAL/LNEC de 93% face ao valor de referência da ficha LNEC 2051 (0,663 hh/m²). A amostra PT-04, igualmente com blocos de 50×20×20 cm, abrangeu 179,73 m² e 120 horas-homem, resultando em 0,668 hh/m² e rácio REAL/LNEC de 99%. Por fim, a amostra PT-05, com blocos de 40×19×20 cm, abrangeu 62,54 m² e 38 horas-homem, resultando em 0,608 hh/m² e rácio REAL/LNEC de 99%, face ao valor de referência da ficha LNEC 2043 (0,604 hh/m²).

Importa sublinhar que as amostras consideradas utilizam blocos de dimensões distintas entre si e relativamente à amostra recolhida in loco. Esta heterogeneidade não inviabiliza a comparação, uma vez que o objetivo desta análise não é confrontar diretamente os valores absolutos de produtividade entre amostras, mas sim verificar, para cada caso individualmente, o grau de aderência entre o desempenho observado e o referencial técnico do LNEC especificamente aplicável à tipologia de bloco utilizada. A comparação é sempre realizada entre o valor empírico e a ficha LNEC correspondente, conferindo coerência metodológica à análise independentemente das diferenças dimensionais dos blocos. Os resultados obtidos, com rácios REAL/LNEC entre 93% e 113%, indicando uma boa proximidade do medido com as tabelas LNEC, permitem concluir que o referencial do LNEC constitui um parâmetro consistente de apoio ao planeamento em diferentes contextos de execução de alvenaria, com desvios que se enquadram na variabilidade esperada em ambiente real de obra, conforme a Tabela 15.

Tabela 15: Produtividades obtidas a partir de dados publicados em trabalhos académicos

Amostra	Bloco Medida	Tipologia	Certificado de Qualidade	m ²	Horas Homem	Produtividade (hh/m ²)	LNEC (hh/m ²)	REAL / LNEC
PT-02	30x20x22	Edifício multifamiliar	Sim	20	16	0,800	0,900	113%
PT-03	50x20x20	Edifício multifamiliar	Sim	422,35	301	0,713	0,663	93%
PT-04	50x20x20	Edifício multifamiliar	Sim	179,73	120	0,668	0,663	99%
PT-05	40x19x20	Edifício multifamiliar	Sim	62,54	38	0,608	0,604	99%

4.2. Dados Validados no Brasil

Este tópico apresenta os dados de produtividade referentes ao contexto brasileiro, disponibilizados por empresas distintas e correspondentes a registos produzidos no âmbito das suas atividades profissionais. Tratando-se de dados fornecidos por terceiros, não resultantes de medições diretas do autor, foram submetidos a um processo de verificação de coerência e

compatibilização metodológica, assegurando consistência quanto à definição da atividade analisada, à unidade de medição adotada e ao cálculo dos índices de produtividade.

A cedência destes dados foi realizada em regime de confidencialidade, sendo a identidade das empresas e das obras preservada ao longo de toda a investigação. As informações foram disponibilizadas exclusivamente para fins acadêmicos, com base numa relação de confiança entre o autor e as entidades colaboradoras, sendo os registos tratados de forma anónima, sem qualquer referência que permita a identificação das organizações envolvidas, garantindo o respeito pelos compromissos assumidos e pela sensibilidade comercial dos dados partilhados.

Os dados encontram-se organizados por tipologia de obra, edifícios multifamiliares, habitação unifamiliar, reformas e galpões industriais, de forma a respeitar as particularidades de escala, organização produtiva e condições de execução associadas a cada categoria, cuja análise é desenvolvida nos subtópicos seguintes.

4.2.1. Amostras Provenientes de Empresas Terceiras no Brasil com Foco em Edifícios Multifamiliares

Este subtópico analisa as cinco amostras brasileiras referentes à execução de alvenaria de enchimento em edifícios multifamiliares, identificadas como BR-01 a BR-05, todas provenientes de empresas distintas com sistema de gestão da qualidade certificado pela norma ISO 9001, o que atesta a existência de processos produtivos estruturados, controlo interno de execução e rastreabilidade das atividades em obra.

Os dados foram disponibilizados pelas empresas na forma de registos consolidados de produção, obtidos a partir de medições diárias realizadas ao longo da execução da atividade, compreendendo o total de metros quadrados de alvenaria executados e o total de horas-homem consumidas no período. A partir destes valores agregados, foi calculado o índice de produtividade em hh/m^2 , que constitui o indicador principal de análise e comparação. O valor de referência adotado para confronto corresponde à composição analítica do SINAPI, referente à execução de alvenaria de vedação com bloco cerâmico de dimensões $29 \times 19 \times 10$ cm, cujo coeficiente de mão de obra é de $0,770 \text{ hh/m}^2$. Todas as amostras utilizam o mesmo tipo de bloco, o que assegura plena compatibilidade com o referencial técnico adotado e confere coerência à comparação.

Os resultados obtidos, sintetizados na Tabela 16, indicam níveis de produtividade variados quando comparados ao valor de referência do SINAPI. As amostras BR-03 e BR-05 apresentam os rácios REAL/SINAPI mais elevados, de 99,94% e 99,19% respetivamente, evidenciando uma elevada proximidade entre o desempenho observado e o parâmetro técnico adotado. As amostras BR-01, BR-02 e BR-04 registam rácios de 82,13%, 89,57% e 96,42%, situando-se dentro de um intervalo aceitável de variação, ainda que com maior afastamento do valor tabelado.

Tabela 16: Dados Brasileiros cedidos por empresas referentes à construção de Edifícios Multifamiliares

Amostra	Tipo Medida	Tipologia	Certificado de Qualidade	m ²	Horas Homem	Produtividade (hh/m ²)	SINAPI (hh/m ²)	REAL / SINAPI
BR-01	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	1231,9	1155	0,9376	0,770	82,13%
BR-02	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	1675	1440	0,8597	0,770	89,57%
BR-03	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	1090,3	840	0,7704	0,770	99,94%
BR-04	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	1402,5	1120	0,7986	0,770	96,42%
BR-05	29x19x10	Edifício multifamiliar	Sim	2535,12	1968	0,7763	0,770	99,19%

A diversidade de resultados entre empresas que operam na mesma tipologia construtiva, com o mesmo bloco e com certificação de qualidade, evidencia que a proximidade ao referencial não depende exclusivamente do material ou da tipologia da obra, mas reflete de forma determinante o nível de maturidade organizacional, a estabilidade das equipas e o grau de consolidação dos processos produtivos de cada empresa. Estes fatores são consistentes com o enquadramento teórico apresentado no Capítulo 2, que identifica a organização do trabalho e a gestão da produção como variáveis de primeira ordem na determinação do desempenho produtivo em alvenaria.

4.2.2. Amostras Provenientes de Empresas Terceiras no Brasil com Foco em Habitação Unifamiliar

Este subtópico analisa as três amostras brasileiras referentes à execução de alvenaria de enchimento em habitações unifamiliares, identificadas como BR-06, BR-07 e BR-08, provenientes de empresas de menor porte e de profissionais autônomos. Ao contrário do grupo anterior, composto exclusivamente por empresas com certificação ISO 9001, apenas a amostra BR-07 apresenta certificado formal de qualidade, enquanto BR-06 e BR-08 operam sem esse referencial de gestão. Esta distinção é relevante não por si só, mas pelo que revela sobre o grau de formalização dos processos produtivos, a estruturação das equipas e a consistência operacional ao longo da execução, fatores que, como demonstrado na literatura, exercem influência direta sobre os índices de produtividade obtidos em obra.

O indicador de produtividade em hh/m² foi calculado a partir desses valores agregados, seguindo o mesmo procedimento adotado para as demais amostras brasileiras. O valor de referência utilizado para confronto é o coeficiente de mão de obra do SINAPI para execução de alvenaria de vedação com bloco cerâmico de dimensões 29×19×10 cm, fixado em 0,77 hh/m², que constitui o parâmetro técnico aplicável às amostras desta tipologia.

Os resultados obtidos encontram-se sintetizados na Tabela 17, que apresenta para cada amostra, o tipo de bloco utilizado, a tipologia da obra, a certificação de qualidade, a área efetivamente executada, o total de horas-homem registradas, o índice de produtividade em hh/m² e o rácio REAL/SINAPI, que quantifica o grau de proximidade entre o desempenho observado e o parâmetro de referência adotado.

Tabela 17: Dados Brasileiros de Edifícios Unifamiliares

Amostra	Tipo Medida	Tipologia	Certificado de Qualidade	m ²	Horas Homem	Produtividade (hh/m ²)	SINAPI (hh/m ²)	REAL / SINAPI
BR-06	29x19x10	Casas	Não	1100	856	0,7782	0,770	98,95%
BR-07	29x19x10	Casas	Sim	2640	2024	0,7667	0,770	100,43%
BR-08	29x19x10	Casas	Não	840	760	0,9048	0,770	85,11%

As amostras apresentam áreas executadas entre 840,00 m² e 2640,00 m², com consumos de mão de obra variando entre 760,00 e 2024,00 horas-homem, volumes que configuram uma base de amostragem com dimensão razoável para a análise de produtividade, embora com menor escala em comparação ao grupo de edifícios multifamiliares. Os índices de produtividade observados situam-se entre 0,77 hh/m² e 0,90 hh/m², resultando em rácios REAL/SINAPI que variam entre 85,11% e 100,43%, intervalo que exprime uma dispersão mais ampla do que a registada no grupo anterior, evidenciando maior heterogeneidade nas condições de execução e organização produtiva entre as amostras desta tipologia.

A amostra BR-07, a única com certificação formal de qualidade, apresentou produtividade de 0,77 hh/m², correspondendo a um rácio REAL/SINAPI de 100,43%, o valor mais próximo ao parâmetro de referência entre os três casos analisados. Este resultado não deve ser lido como mera coincidência numérica, mas como reflexo de um conjunto de condições operacionais favoráveis que atuam de forma conjunta. Trata-se de uma empresa atuante no segmento de casas de alto padrão, com equipa especializada e estável, cujos processos produtivos estão formalizados e consolidados, características que reduzem a variabilidade operacional e favorecem a regularidade do ritmo de execução.

Um fator particularmente determinante neste caso é o modelo construtivo adotado: as habitações executadas por esta empresa seguem uma lógica de repetição sistemática, com unidades praticamente idênticas entre si em termos de geometria, dimensionamento dos elementos e sequência executiva. Essa padronização do produto cria condições para que as equipas internalizem o ciclo produtivo de forma progressiva ao longo da obra, desenvolvendo automatismos e reduzindo o tempo perdido com decisões e adaptações pontuais, o que é consistente com o que a literatura descreve como efeito da curva de aprendizagem em atividades repetitivas. O resultado obtido reflete, portanto, não apenas a presença de certificação, mas a combinação entre organização estruturada, equipa especializada e produto padronizado.

A amostra BR-06, mesmo sem certificação formal de qualidade, apresentou produtividade de 0,78 hh/m², equivalente a um rácio REAL/SINAPI de 98,95%, desempenho muito próximo ao parâmetro técnico adotado e praticamente equivalente ao de BR-07. Este resultado é interpretativo: revela que a ausência de certificação não implica necessariamente menor eficiência produtiva, desde que a empresa disponha de processos minimamente estruturados, equipas com composição estável e uma gestão operacional que garanta continuidade de frentes e disponibilidade de materiais.

A proximidade ao valor de referência sugere que BR-06 opera com um grau de maturidade organizacional funcional, ainda que não formalizado, o que está alinhado com a perspetiva teórica que distingue certificação de qualidade da efetiva capacidade produtiva,

reconhecendo que a formalização documental e o desempenho em obra são dimensões complementares, mas não necessariamente coincidentes. Em conjunto, as amostras BR-06 e BR-07 evidenciam que, mesmo em empresas de menor porte, é possível alcançar desempenhos produtivos próximos ao referencial técnico, desde que a organização do trabalho, a estabilidade das equipas e a previsibilidade da execução estejam asseguradas.

A amostra BR-08 apresentou o desempenho mais distante do grupo, com produtividade de 0,90 hh/m², correspondendo a um rácio REAL/SINAPI de 85,11%, o valor mais baixo entre as três amostras desta tipologia. Este caso refere-se a um contexto de execução conduzido por engenheiros autónomos, sem empresa formalmente constituída, sem certificação de qualidade e sem os mecanismos de controlo e acompanhamento sistemático da produção que caracterizam os dois casos anteriores.

O menor desempenho produtivo observado é coerente com as condições estruturais deste modelo de operação: a ausência de uma equipa fixa e a maior rotatividade de mão de obra reduzem a possibilidade de acumulação de experiência ao longo da obra; a menor formalização dos processos aumenta a dependência de decisões tomadas no momento da execução, introduzindo variabilidade e tempos improdutivos adicionais; e a ausência de um sistema de acompanhamento consolidado dificulta a identificação precoce de desvios e a adoção de medidas corretivas.

Estes fatores atuam de forma acumulada, resultando num consumo de horas-homem superior por metro quadrado executado e, conseqüentemente, num afastamento mais expressivo em relação ao valor tabelado pelo SINAPI. Importa sublinhar que a aprovação técnica da execução não elimina o impacto operacional desses fatores sobre a produtividade: a obra pode cumprir os requisitos geométricos e de qualidade e, ainda assim, evidenciar ineficiências produtivas decorrentes da organização do processo.

De forma geral, os resultados obtidos neste subtópico permitem formular uma leitura mais precisa sobre os determinantes da produtividade em habitações unifamiliares. A análise das três amostras evidencia que o nível de aproximação ao referencial do SINAPI não está associado, de forma isolada, à dimensão da empresa, à tipologia habitacional ou à existência de certificação formal de qualidade, mas resulta, antes, da conjugação entre a padronização do produto, a estabilidade e especialização das equipas, a continuidade das frentes de trabalho e o grau de formalização dos processos produtivos.

Neste grupo, a variável que mais distingue os casos com melhor desempenho dos casos com pior desempenho não é a certificação em si, mas a existência de condições operacionais que permitam regularidade, previsibilidade e redução da variabilidade ao longo da execução. Este padrão é consistente com o quadro teórico apresentado no Capítulo 2 e reforça a perspetiva de que o referencial do SINAPI, tende a ser mais adequado como base de planeamento em obras com organização consolidada do que em contextos de execução autónoma ou com menor estruturação produtiva.

4.2.3. Amostra Proveniente de Empresa Terceira no Brasil com Foco em Reformas

Este subtópico analisa a amostra brasileira BR-09, referente à execução de alvenaria de enchimento em contexto de reforma sobre edificação existente. Trata-se de uma tipologia

produtivamente distinta das obras novas, cujas particularidades condicionam de forma determinante os índices de produtividade observados e impõem restrições à utilização direta dos valores de referência do SINAPI como parâmetro de planejamento.

Os dados foram disponibilizados pela empresa na forma de registro consolidado de produção, compreendendo o total de metros quadrados executados e o total de horas-homem consumidas no período. O valor de referência adotado para confronto é o coeficiente do SINAPI para execução de alvenaria de vedação com bloco cerâmico de 29×19×10 cm, fixado em 0,77 hh/m², o mesmo utilizado nas demais amostras brasileiras, conforme a Tabela 18.

Tabela 18: Dados Brasileiros de Reformas

Amostra	Tipo Medida	Tipologia	Certificado de Qualidade	m ²	Horas Homem	Produtividade (hh/m ²)	SINAPI (hh/m ²)	REAL / SINAPI
BR-09	29x19x10	Reforma	Não	1454,5	1528	1,0505	0,770	73,30%

A atividade compreendeu uma área executada de 1454,50 m², com consumo total de 1528,00 horas-homem, resultando num índice de produtividade de 1,05 hh/m² e num rácio REAL/SINAPI de 73,30%, o mais baixo de todo o conjunto brasileiro, e o único caso em que o consumo real de horas-homem supera expressivamente o parâmetro de referência.

Este resultado não constitui surpresa metodológica, mas exige interpretação fundamentada. Em obras de reforma, a execução de alvenaria ocorre num ambiente produtivo estruturalmente diferente do pressuposto na composição do SINAPI, que foi calibrada a partir de medições realizadas em obras novas com frentes de trabalho contínuas, geometrias definidas em projeto e condições logísticas controladas. Em contexto de reforma, o processo é frequentemente condicionado por interferências com elementos existentes, estrutura, instalações, revestimentos e níveis pré-existentes, que introduzem tarefas complementares obrigatórias, como ligação de novas paredes a suportes já construídos, ajustes de alinhamento face a superfícies irregulares e compatibilização com cotas de pavimento e teto existentes. Estas tarefas consomem tempo de mão de obra e integram o registro de horas-homem da atividade, mas não estão contempladas no coeficiente do SINAPI, o que explica, estruturalmente, o afastamento observado em relação ao valor tabelado.

A amostra não apresenta certificação formal de qualidade, contudo a execução foi aprovada segundo os critérios técnicos aplicáveis, não sendo registadas não conformidades que comprometessem a validade dos dados ou a integridade do indicador calculado. A ausência de certificação é, neste caso, consistente com o perfil típico de empresas que operam no segmento de reformas, onde a estruturação de sistemas formais de gestão da qualidade é menos frequente do que em construtoras de obra nova.

O resultado obtido confirma que o referencial do SINAPI, concebido para contextos produtivos estáveis e padronizados, não é diretamente aplicável como base de planejamento em obras de reforma sem as devidas correções. A utilização do coeficiente de 0,77 hh/m² neste contexto conduziria a uma subestimação sistemática do consumo real de mão de obra em cerca de 26,70%, com impacto direto na fiabilidade dos planos de prazo e nos custos de execução. Este caso reforça, portanto, a necessidade de diferenciar os contextos de aplicação dos índices

de referência, reconhecendo que a tipologia da intervenção é uma variável de primeira ordem na determinação do desempenho produtivo esperado.

4.2.4. Amostra Proveniente de Empresa Terceira no Brasil com Foco em Galpões

Este subtópico analisa a amostra brasileira BR-10, referente à execução de alvenaria de enchimento em galpão industrial, proveniente de empresa com certificação formal de qualidade. Trata-se de uma tipologia com características produtivas distintas das demais analisadas neste capítulo, cujas condições geométricas e organizacionais configuram um ambiente de execução mais favorável à regularidade produtiva. O valor de referência adotado é o coeficiente do SINAPI para execução de alvenaria de vedação com bloco cerâmico de 29×19×10 cm, fixado em 0,77 hh/m², conforme a Tabela 19.

Tabela 19: Dados Brasileiros de Galpões

Amostra	Tipo Medida	Tipologia	Certificado de Qualidade	m ²	Horas Homem	Produtividade (hh/m ²)	SINAPI (hh/m ²)	REAL / SINAPI
BR-10	29x19x10	Galpões	Sim	1175	975	0,8298	0,770	92,79%

A atividade compreendeu uma área executada de 1175,00 m², com consumo total de 975,00 horas-homem, resultando num índice de produtividade de 0,83 hh/m² e num rácio REAL/SINAPI de 92,79%. O resultado posiciona BR-10 abaixo do valor de referência, mas dentro de um intervalo de proximidade razoável, comparável ao observado nas amostras de edifícios multifamiliares com certificação.

O afastamento de 7,21 pontos percentuais em relação ao SINAPI, num contexto geometricamente favorável como o de galpões industriais, merece interpretação cuidadosa. As características típicas desta tipologia, grandes panos de parede contínuos, geometria regular, baixa incidência de vãos, vergas e contravergas, e menor necessidade de cortes e ajustes, criam condições que, em princípio, deveriam aproximar o desempenho observado do parâmetro de referência ou até superá-lo. O facto de isso não ocorrer sugere que fatores operacionais específicos atuaram como limitadores do rendimento, possivelmente relacionados com a escala e o ritmo de produção em obras desta natureza: galpões industriais tendem a concentrar grandes volumes de alvenaria em fases específicas da obra, o que pode implicar variações na dimensão e composição das equipas ao longo do tempo, interferências com outras frentes de trabalho de grande porte e condicionantes logísticas associadas à movimentação de materiais em espaços amplos. Nenhum destes fatores invalida os dados, mas ajuda a compreender por que a geometria favorável não se traduz automaticamente numa produtividade superior ao referencial.

A presença de certificação ISO 9001 e de equipa estruturada assegura rastreabilidade dos registos e consistência metodológica dos dados fornecidos, conferindo fiabilidade ao indicador calculado. O resultado obtido é coerente com o padrão observado nas restantes amostras certificadas do conjunto brasileiro, nas quais a certificação contribui para estabilidade produtiva, mas não determina, por si só, a coincidência com o valor tabelado.

Com a apresentação de BR-10, fica completo o conjunto de dez amostras brasileiras organizadas por tipologia. Os dados compilados, abrangendo edifícios multifamiliares, habitações unifamiliares, reformas e galpões industriais, constituem a base empírica que sustenta a análise comparativa desenvolvida no tópico seguinte, na qual os desempenhos observados são confrontados com os valores de referência do SINAPI e com os resultados obtidos no contexto português.

4.3. Análise Comparativa e discussão dos Resultados

Este tópico apresenta a análise comparativa dos índices de produtividade obtidos nos contextos português e brasileiro, conduzida com base nos procedimentos metodológicos definidos no capítulo anterior. A comparação é estruturada em três eixos: o confronto entre os rendimentos observados e os respectivos valores de referência, SINAPI no Brasil e LNEC em Portugal, a análise de proximidade entre esses indicadores e o comparativo hh/kg. A interpretação dos resultados é desenvolvida de forma integrada, cruzando os dados com evidências da literatura científica especializada, em conformidade com a abordagem exigida pela investigação académica de nível avançado.

4.3.1. Comparação Entre os Valores Observados e os Valores de Referência

4.3.1.1. Comparação em Portugal

A comparação dos índices de produtividade observados com os valores de referência adotados constitui o núcleo analítico deste estudo. Antes de proceder à comparação, importa ressaltar que a agregação de produtividades em unidades de horas-homem por metro quadrado (hh/m²) só é estatisticamente legítima quando os dados provêm de amostras com condições de produção homogêneas, em particular, quando o tipo e as dimensões do bloco utilizado são equivalentes. Esta condição é satisfeita integralmente no contexto brasileiro, onde todas as dez amostras utilizam blocos cerâmicos de dimensões 29×19×10 cm. No contexto português, porém, a situação é substancialmente distinta: as cinco amostras recolhidas utilizam blocos de dimensões e pesos diferenciados, o que impede a computação de uma média aritmética simples sem que se incorra em enviesamento analítico.

Este argumento encontra fundamento sólido na literatura científica internacional. Sweis *et al.* (2016), num estudo publicado no *Jordan Journal of Civil Engineering* sobre a modelação da variabilidade da produtividade em alvenaria, demonstraram que as dimensões do elemento construtivo exercem influência direta sobre o consumo de mão de obra por unidade de área, uma vez que condicionam o número de ciclos de assentamento por metro quadrado. Esta relação é matematicamente linear: um bloco de 50×20×20 cm cobre uma área de face de 0,10 m², exigindo 10 assentamentos/m², enquanto um bloco de 45×19×10 cm cobre apenas 0,0855 m², o que corresponde a cerca de 11,70 assentamentos/m², um diferencial de 17% no número de operações manuais por unidade de área, que se repercute diretamente no índice hh/m², independentemente da eficiência real do operário.

Esta realidade foi igualmente evidenciada por Araújo e Souza (2001) no contexto da construção civil brasileira, ao quantificarem o impacto das características físicas dos elementos sobre os índices de produtividade, e por Thomas e Zavrski (1999), no *Journal of Construction Engineering and Management*, ao sistematizarem o conceito de produtividade de base em atividades de alvenaria.

Por esta razão, a análise comparativa dos dados portugueses é estruturada em situações distintas e analiticamente independentes, de acordo com a origem dos dados e com a homogeneidade interna de cada grupo, e em conformidade com a estrutura sugerida pelo orientador deste trabalho (Tabela 20 e Figura 29).

Tabela 20: Portugal Produtividade Resumo

Amostra	Bloco (cm)	Peso (kg)	Área (m ²)	HH Total	RUP obs. (hh/m ²)	LNEC ref. (hh/m ²)	LNEC/REAL	Origem
PT-01	45x19x10	5	1 502,71	638,75	0,425	0,400	94,1%	In loco
PT-02	30x20x22	10	20,00	16,00	0,800	0,900	112,5%	Dissertação
PT-03	50x20x20	16	422,35	301,00	0,713	0,663	93,0%	Dissertação
PT-04	50x20x20	16	179,73	120,0	0,668	0,663	99,3%	Dissertação
PT-05	40x19x20	12	62,54	38,00	0,608	0,604	99,4%	Dissertação

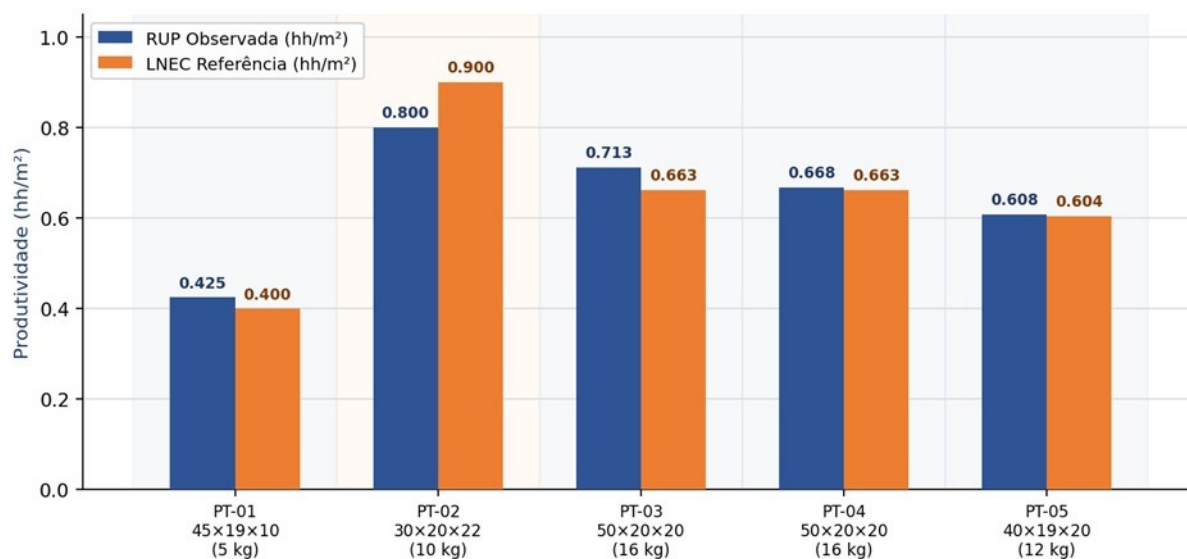


Figura 29: Portugal – Rendimento Unitário de Produção (RUP) vs. Referencial LNEC por Amostra

Os resultados revelam um padrão consistente de boa aderência entre os valores observados e os referenciais LNEC, com todas as amostras situadas dentro de um intervalo de $\pm 15\%$ em relação à referência, margem que a literatura reconhece como compatível com a variabilidade inerente à execução manual de alvenaria em condições reais de obra (Sweis *et al.*, 2016; Thomas; Zavrski, 1999; Enshassi *et al.*, 2007).

PT-01 (bloco 45×19×10 cm): Produtividade observada de 0,425 hh/m², referencial LNEC de 0,400 hh/m², índice LNEC/REAL de 94,1%. O consumo real foi 5,9% superior ao

parâmetro. Esta amostra é simultaneamente a de maior área do conjunto português (1 502,71 m²), o que lhe confere sólida representatividade estatística com uma base de execução desta dimensão, o índice obtido absorve os efeitos de variabilidade inter-jornada e de arranque de frentes, tornando-se um estimador robusto do ritmo de cruzeiro da equipa. O ligeiro afastamento acima do referencial é coerente com o facto de este bloco impor a maior densidade de assentamento do conjunto ($\approx 11,7$ bl/m²), aumentando o número de ciclos manuais por metro quadrado e, com ele, a exposição à variabilidade de posicionamento e de alinhamento. Araújo e Souza (2001) identificaram precisamente a densidade de assentamento como um dos fatores físicos com maior impacto na variabilidade do índice hh/m² em estudos de produtividade no Brasil.

PT-02 (bloco 30×20×22 cm): Produtividade observada de 0,800 hh/m², referencial LNEC de 0,900 hh/m², índice LNEC/REAL de 112,5%. Esta é a única amostra com desempenho real superior ao referencial LNEC, o que significa que a obra consumiu menos mão de obra por metro quadrado do que o parâmetro técnico previa. Resultados acima do referencial são documentados na literatura e interpretáveis, Florez e Cortissoz (2016), na *Procedia Engineering*, demonstraram matematicamente que condições operacionais favoráveis, equipas especializadas, frentes sem interferências, logística de material assegurada, geram patamares de produtividade superiores ao baseline normativo. A interpretação deste resultado deve, no entanto, ser cautelosa: a área da amostra é de apenas 20 m², volume muito inferior ao das restantes amostras portuguesas.

Com amostras de pequena escala, o índice hh/m² é altamente sensível a efeitos de início de serviço, marcação de linhas, ajuste de réguas e verificações iniciais de nível e prumo, que não são representativos do ritmo médio de execução (Souza, 2006). A origem dos dados numa dissertação académica implica, adicionalmente, que as condições de medição não foram controladas diretamente no âmbito deste trabalho. Por estas razões, o resultado de PT-02 é apresentado e discutido de forma independente, sem ser integrado em qualquer agregação com as restantes amostras.

PT-03 (bloco 50×20×20 cm): Produtividade observada de 0,713 hh/m², referencial LNEC de 0,663 hh/m², índice LNEC/REAL de 93,0%. O afastamento de 7,0% acima do referencial é o mais expressivo das amostras in loco. O peso unitário do bloco (16 kg) é um fator relevante assentamentos de elementos com esta massa implicam maior esforço físico por ciclo produtivo, podendo exigir pausas de recuperação mais frequentes ao longo da jornada, fenómeno documentado por Hiyassat *et al.* (2016) como determinante da variabilidade inter-jornada em alvenaria de blocos pesados. O afastamento mantém-se, contudo, dentro da margem de variabilidade normal para execução manual, não configurando ineficiência estrutural.

PT-04 (bloco 50×20×20 cm): Produtividade observada de 0,668 hh/m², referencial LNEC de 0,663 hh/m², índice LNEC/REAL de 99,3%. O resultado mais próximo do referencial entre as amostras in loco, com um afastamento de apenas 0,7%. Trata-se do mesmo tipo de bloco que PT-03, mas com desempenho substancialmente superior, diferença de 6,3 pontos percentuais entre os dois índices LNEC/REAL, para material idêntico. Este contraste é revelador: elimina o bloco como variável explicativa da diferença e aponta para fatores organizacionais como determinantes primários, composição e estabilidade da equipa, continuidade de frentes, logística de material no canteiro e grau de padronização das tarefas.

Araújo e Souza (2001) e Sweis *et al.* (2016) identificaram precisamente estes fatores como os principais determinantes da variabilidade intra-tipológica em estudos de produtividade de alvenaria, e os dados aqui obtidos corroboram esse padrão.

PT-05 (bloco 40×19×20 cm): Produtividade observada de 0,608 hh/m², referencial LNEC de 0,604 hh/m², índice LNEC/REAL de 99,3%. O resultado evidencia uma aderência excepcional ao referencial a diferença entre o valor real e o parâmetro técnico é inferior a 1%. Sweis *et al.* (2016) demonstraram que a convergência entre produtividade real e referencial normativo ocorre quando as condições de campo reproduzem os pressupostos implícitos na calibração dos parâmetros, o que parece ser o caso desta amostra.

A leitura do conjunto das cinco amostras portuguesas permite identificar dois padrões distintos. Por um lado, as amostras PT-04 e PT-05, com índices LNEC/REAL de 99,3%, demonstram que, em condições operacionais favoráveis, o referencial LNEC é um estimador muito preciso da produtividade real em obra, independentemente do tipo de bloco utilizado. A dispersão global dos índices LNEC/REAL, excluindo PT-02, situa-se entre 93,0% e 99,3%, um intervalo de apenas 6,3 pontos percentuais que demonstra a robustez técnica do referencial LNEC quando aplicado individualmente a cada tipo de bloco.

4.3.1.2. Comparação no Brasil

Já o conjunto brasileiro compreende dez amostras que utilizam, em todos os casos, blocos cerâmicos de dimensões 29×19×10 cm, correspondendo a uma densidade fixa de 16,67 assentamentos/m². A homogeneidade do material permite que as diferenças nos índices de produtividade observados reflitam predominantemente variáveis organizacionais, tipológicas e de complexidade executiva. O valor de referência SINAPI para este tipo de bloco é de 0,77 hh/m², parâmetro normativamente estabelecido para condições padronizadas de execução em obra nova (Tabela 21 e Figura 30).

Tabela 21: Dados de Produtividade real comparados com a Referência do SINAPI

Amostra	Tipologia	Área (m ²)	HH Total	RUP obs. (hh/m ²)	SINAPI ref. (hh/m ²)	SINAPI/ REAL
BR-01	29×19×10 cm	1 231,9	1 155	0,9376	0,770	82,13%
BR-02	29×19×10 cm	1 100,0	856	0,7782	0,770	98,95%
BR-03	29×19×10 cm	1 090,3	840	0,7704	0,770	99,94%
BR-04	29×19×10 cm	1 402,5	1 120	0,7986	0,770	96,42%
BR-05	29×19×10 cm	2 535,12	1 968	0,7763	0,770	99,19%
BR-06	29×19×10 cm	1 675,0	1 440	0,8597	0,770	89,57%
BR-07	29×19×10 cm	2 640,0	2 024	0,7667	0,770	100,43%
BR-08	29×19×10 cm	1 175,0	975	0,900	0,770	92,79%
BR-09	29×19×10 cm	1 454,5	1 528	1,0505	0,770	73,30%
BR-10	29×19×10 cm	840,0	760	0,9048	0,770	85,11%

Amostra	Tipologia	Área (m²)	HH Total	RUP obs. (hh/m²)	SINAPI ref. (hh/m²)	SINAPI/REAL
Méd. pond.	Bloco 29×19×10 cm (homogêneo)	15 144,32	12 666,00	0,8364	0,770	92,1%

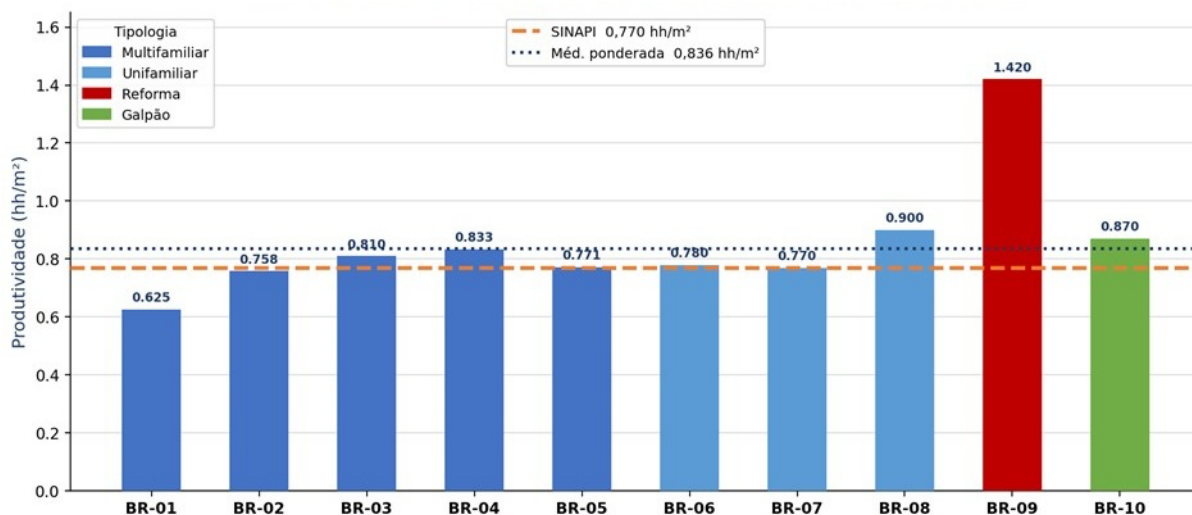


Figura 30: Brasil – Razão Unitária de Produção Observada vs. SINAPI por Amostra (bloco 29x19x10 cm)

A média ponderada pela área executada situa-se em 0,836 hh/m², correspondendo a um índice SINAPI/REAL de 92,1%, o que indica que o conjunto das amostras brasileiras apresenta, em média, um consumo de mão de obra 7,9% superior ao referencial SINAPI de 0,770 hh/m². Este valor global requer, no entanto, uma leitura desagregada por amostra para ser adequadamente interpretado.

BR-01 a BR-05: Produtividades entre 0,7704 e 0,9376 hh/m², índices SINAPI/REAL entre 82,13% e 99,94%. BR-03 (0,7704 hh/m², índice 99,94%) e BR-05 (0,7763 hh/m², índice 99,19%) apresentam aderência muito próxima ao referencial, indicando condições operacionais favoráveis e equipas com organização produtiva consolidada. BR-02 (0,7782 hh/m², índice 98,95%) situa-se igualmente muito próximo do parâmetro técnico. BR-04 (0,7986 hh/m², índice 96,42%) afasta-se moderadamente, mantendo-se dentro da margem de variabilidade normal. BR-01 (0,9376 hh/m², índice 82,13%) regista o consumo mais elevado do subgrupo, afastamento que pode ser associado a maior densidade de vãos, geometria irregular de panos ou condicionantes logísticas específicas da obra.

BR-06, BR-07 e BR-08: BR-06 e BR-08: apresentam consumos superiores ao referencial, com afastamentos de 10,4% e 7,2% respetivamente, valores dentro da margem de variabilidade esperada para execução manual em condições reais de obra. BR-07 (0,7667 hh/m², índice 100,43%) é a única amostra do conjunto cujo consumo real ficou marginalmente abaixo do referencial SINAPI. Sweis *et al.* (2016) demonstraram que a convergência entre produtividade real e referencial normativo ocorre quando as condições de campo reproduzem os pressupostos implícitos na calibração dos parâmetros, o que é consistente com o resultado de BR-07.

BR-09: Com produtividade de 1,0505 hh/m² e índice SINAPI/REAL de 73,30%, BR-09 é o resultado mais saliente e analiticamente mais relevante do conjunto brasileiro. O consumo observado é 36,4% superior ao referencial SINAPI, diferença que constitui o afastamento mais expressivo do conjunto. A área desta amostra (1 454,5 m²) é suficientemente representativa para excluir efeitos de arranque como causa dominante, apontando para condicionantes estruturais de execução, maior incidência de vãos, geometria irregular de panos, ou condições específicas de canteiro que aumentam o número de ciclos manuais por metro quadrado. A exclusão de BR-09 da média ponderada reduz o índice médio de 0,836 para 0,814 hh/m², elevando o índice SINAPI/REAL para 94,6%, resultado que demonstra boa aderência geral do referencial para as restantes amostras do conjunto.

BR-10: Produtividade de 0,9048 hh/m², índice SINAPI/REAL de 85,11%. O consumo observado é 17,5% superior ao referencial. Com uma área de 840 m², a amostra é a menor do conjunto brasileiro, o que torna o índice mais sensível a efeitos de arranque, marcação de linhas, verificações iniciais de nível e prumo, que não são representativos do ritmo médio de cruzeiro. Souza (2006) documentou que amostras de menor dimensão tendem a registrar índices hh/m² mais elevados por esta razão.

Em síntese, os resultados brasileiros revelam um padrão de boa aderência geral ao referencial SINAPI de 0,770 hh/m², com sete das dez amostras a situar-se entre os índices SINAPI/REAL de 82% e 100%. O afastamento relativamente aos valores reais é explicável por variáveis identificáveis, organização do canteiro, estabilidade das equipas, dimensão da amostra e condicionantes específicas de execução, e não por inconsistência do parâmetro técnico.

4.3.2. Análise de Proximidade em Relação aos Valores de Referência

Este subcapítulo quantifica e discute o grau de afastamento entre os índices de produtividade observados e os respetivos referenciais técnicos nacionais, através de um indicador síntese designado índice de proximidade. O índice é definido como o desvio relativo entre a produtividade observada e o valor de referência. Valores positivos indicam consumo real de mão de obra superior ao referencial; valores negativos indicam desempenho mais eficiente do que o parâmetro prevê. Esta métrica é amplamente adotada em estudos comparativos de produtividade na construção (Thomas; Zavrski, 1999; Proverbs, Holt; Olomolaiye, 1999; Yi; Chan, 2014) e permite uma leitura direta da qualidade de ajuste dos referenciais técnicos.

A análise encontra-se estruturada em três níveis de resolução crescente. Num primeiro nível, apresentam-se os resultados desagregados por amostra para cada contexto nacional, Portugal e Brasil, por meio de tabelas que constituem o instrumento analítico primário deste estudo. Num segundo nível, os resultados individuais são contextualizados à luz de fatores operacionais, organizacionais e metodológicos identificados na literatura. Num terceiro nível, os valores são enquadrados na escala de condições de eficiência de trabalho do LNEC, conferindo uma referência normativa ao posicionamento relativo de cada conjunto.

4.3.2.1. Análise dos Contextos Portugueses e Brasileiros

Uma distinção estrutural determina o tratamento analítico adotado para cada contexto e deve ser explicitada antes da leitura dos resultados. O conjunto brasileiro é composto por dez amostras com bloco cerâmico homogêneo (29×19×10 cm), confrontadas com um referencial SINAPI único (0,770 hh/m²), o que torna metodologicamente legítima a agregação por média ponderada pela área executada, procedimento recomendado por Souza (2006) e consolidado na literatura nacional (Araújo; Souza, 2001; Paliari, 2008). Para o conjunto brasileiro, a média ponderada constitui, portanto, o indicador de síntese válido.

O conjunto português, por sua vez, é composto por cinco amostras com blocos de dimensões e pesos distintos, cada uma confrontada com o referencial LNEC específico ao seu tipo de bloco. A heterogeneidade dos referenciais inviabiliza qualquer agregação: somar metros quadrados de blocos 50×20×20 cm com metros quadrados de blocos 45×19×10 cm como se fossem grandezas equivalentes introduziria um erro de natureza dimensional identificado por Thomas e Zavrski (1999) como uma das fontes mais comuns de distorção em estudos comparativos de produtividade. Por esta razão, não é calculada qualquer média agregada para Portugal: a análise amostra a amostra constitui a única unidade analítica adequada para este contexto.

Importa igualmente clarificar a natureza das fontes. A amostra PT-01 foi recolhida in loco no âmbito deste estudo, com observação direta e controlo metodológico sobre as condições de medição. As amostras PT-02, PT-03, PT-04 e PT-05 provêm de dissertações académicas e, embora tenham sido sujeitas a uma análise crítica de consistência (ver subcapítulo 4.1.2), apresentam condições de recolha heterogêneas e não controladas diretamente pelo autor. Esta distinção é analiticamente relevante e será considerada na interpretação dos desvios observados (Tabela 22).

Tabela 22: Índice de Proximidade por Amostra

Amostra	Bloco (cm)	Prod. obs. (hh/m ²)	Ref. LNEC (hh/m ²)	Diferença (hh/m ²)	Índice de Proximidade (%)
PT-01	45×19×10	0,425	0,400	+0,025	6,2%
PT-02	30×20×22	0,800	0,900	-0,100	-11,1%
PT-03	50×20×20	0,713	0,663	+0,050	7,5%
PT-04	50×20×20	0,668	0,663	+0,005	0,8%
PT-05	40×19×20	0,608	0,604	+0,004	0,7%

Os resultados revelam uma estrutura de desvios que merece discussão aprofundada. As amostras PT-04 e PT-05, provenientes de dissertações académicas, apresentam índices de proximidade notavelmente baixos (0,8% e 0,7% respetivamente), indicando uma aderência quase perfeita ao referencial LNEC para os respetivos tipos de bloco. Este resultado, se por um lado evidencia que o LNEC calibrou adequadamente os parâmetros para blocos de grande formato (50×20×20 cm e 40×19×20 cm), por outro levanta uma questão metodológica relevante: a proximidade excessiva ao referencial em dados de dissertação pode refletir, em parte, a utilização do próprio LNEC como valor esperado durante o processo de recolha,

enviesamento de âncora descrito por Kahneman e Tversky (1984) e documentado em contextos de medição de produtividade por Hanna, Taylor e Sullivan (2005). Esta hipótese não pode ser confirmada nem refutada com os dados disponíveis.

A amostra PT-01, recolhida in loco com controlo metodológico direto, apresenta um índice de 6,2% para o bloco 45×19×10 cm. Este desvio positivo é coerente com a literatura: o formato de bloco menor implica maior densidade de assentamento por metro quadrado ($\approx 11,7$ unidades/m²), com impacto direto no número de operações de posicionamento e juntas verticais por ciclo produtivo (Bossink; Brouwers, 1996).

PT-03 (índice de 7,5%), também proveniente de dissertação académica, apresenta o maior desvio positivo do conjunto português após PT-01. O bloco 50×20×20 cm, com peso unitário de aproximadamente 16 kg, impõe um esforço físico por ciclo produtivo substancialmente superior ao de blocos de menor dimensão. Estudos ergonómicos aplicados à construção (Antwi-Afari *et al.*, 2017; Stanton *et al.*, 2017) documentam que cargas manuais superiores a 12 kg por ciclo repetitivo induzem fadiga cumulativa que se reflete no aumento progressivo do tempo de ciclo ao longo do dia de trabalho. O desvio de PT-03 é, portanto, parcialmente explicável por fatores fisiológicos independentes da organização produtiva, o que tem implicações para a validade do referencial LNEC quando aplicado a blocos de grande massa.

A amostra PT-02 constitui o caso mais singular do conjunto português: com um índice de -11,1%, a produtividade observada (0,800 hh/m²) ficou 11,1% abaixo do referencial LNEC (0,900 hh/m²) para o bloco 30×20×22 cm, indicando que os trabalhadores executaram a alvenaria com menor consumo de mão de obra do que o parâmetro prevê. Duas hipóteses interpretativas são plausíveis. A primeira é que o referencial LNEC para este tipo de bloco esteja sobrestimado, eventualmente calibrado com dados de obras com maiores constrangimentos de organização do que a obra de dissertação em análise.

A segunda hipótese, que não pode ser descartada, é que a medição em contexto académico tenha captado um período de produção atípico, fase de rendimento máximo, sem períodos de arranque ou de fadiga terminal, o que Souza (2006) identificou como uma das fontes sistemáticas de subestimação da RUP em amostras de observação parcial. A dimensão da amostra não é reportada com suficiente detalhe para discriminar entre estas hipóteses.

Os resultados obtidos indicam comportamentos distintos quanto à aderência dos referenciais técnicos à realidade produtiva observada nos dois contextos analisados. Enquanto o valor de referência do SINAPI apresenta um afastamento mais significativo em relação ao desempenho médio observado, o referencial do LNEC demonstra maior proximidade, refletindo uma calibração mais ajustada às condições de execução consideradas. Há também um parâmetro, utilizado pela LNEC e frequentemente utilizado em teses, que avaliam a produtividade e julgam a eficiência de trabalho, segue a Tabela 23.

Tabela 23: Brasil: índice de Proximidade por Amostra

Amostra	Prod. obs. (hh/m ²)	Ref. SINAPI (hh/m ²)	Diferença (hh/m ²)	Índice de Proximidade (%)
BR-01	0,9376	0,770	+0,1676	21,8%
BR-02	0,7782	0,770	+0,0082	1,1%
BR-03	0,7704	0,770	+0,0004	0,1%
BR-04	0,7986	0,770	+0,0286	3,7%
BR-05	0,7763	0,770	+0,0063	0,8%
BR-06	0,8597	0,770	+0,0897	11,6%
BR-07	0,7667	0,770	-0,0033	-0,4%
BR-08	0,8298	0,770	+0,0598	7,8%
BR-09 ‡	1,0505	0,770	+0,2805	36,4%
BR-10	0,9048	0,770	+0,1348	17,5%
Méd. pond. (todas)	0,8364	0,7700	+0,0664	8,62%
Méd. pond. (excl. BR-09)	0,8136	0,7700	+0,0436	5,66%

A distribuição dos índices de proximidade individuais revela uma estrutura internamente coerente que merece análise detalhada. Seis amostras, BR-02, BR-03, BR-04, BR-05, BR-07 e BR-08, apresentam desvios compreendidos entre -0,4% e +7,8%, intervalo de apenas 8,2 pontos percentuais. Esta concentração sugere que o referencial SINAPI de 0,770 hh/m² constitui um estimador robusto confirmando a premissa de calibração do referencial para condições médias de execução artesanal em alvenaria (Proverbs; Holt; Olomolaiye, 1999). A amostra BR-07, com índice de -0,4%, é o único caso em que o consumo real ficou marginalmente abaixo do referencial, confirmando o referencial como valor central da produtividade.

BR-06 (11,6%) e BR-01 (21,8%) destacam-se como casos de afastamento moderado a expressivo. No caso de BR-06, o desvio é coerente com fatores organizacionais documentados no subcapítulo 4.2.2., nomeadamente, sobreposição de frentes de trabalho. BR-01 apresenta um perfil de consumo elevado (0,9376 hh/m², índice de 21,8%) que, à luz da literatura, pode ser parcialmente atribuído a efeitos de aprendizagem inversa em obras de longa duração com rotação elevada de mão de obra, fenómeno documentado na literatura.

BR-10 (índice de 17,5%) merece atenção específica. A área de 840 m², indicando influência de condições operacionais (Anzanello; Fogliatto, 2011), sugerindo que o desvio de 17,5% reflete condições operacionais, e não metodológicas, que atuam de forma persistente.

BR-09 constitui o caso estruturalmente diferente do conjunto e exige tratamento analítico autónomo. Com um índice de +36,4% e uma área de 1 454,5 m², suficientemente grande para excluir efeitos de arranque ou de observação parcial como explicação dominante,

esta amostra evidencia condicionantes de execução que atuaram de forma sistemática ao longo de toda a campanha. O desvio de 0,2805 hh/m² em relação ao referencial equivale a um sobrecusto de mão de obra de 36,4% por metro quadrado executado. A análise das causas prováveis aponta para combinações de fatores como complexidade geométrica da planta, condições de acesso à frente de trabalho, ou qualificação insuficiente da equipa, conforme tipificado por Kaming *et al.* (1997) para obras com desvios de produtividade persistentes e de grande magnitude.

A exclusão analítica de BR-09 em relação ao cálculo da média ponderada de referência, é justificada pela sua natureza de outlier estrutural, com comportamento produtivo que não é representativo das condições médias do conjunto. Com esta exclusão, o índice médio ponderado desce de 8,62% para 5,66%, convergindo para um valor notavelmente próximo do obtido individualmente pelas amostras portuguesas com maior aderência ao referencial (PT-04: 0,8%; PT-05: 0,7%; PT-01: 6,2%). A aproximação entre os dois contextos, após controlo do outlier, sugere que os referenciais LNEC e SINAPI, de Portugal e do Brasil, operam numa escala de precisão semelhante para obras com perfil operacional comparável.

4.3.2.2. Classificações de Eficiência

Esta classificação envolve diretamente a medida do RUP observado em obra. O LNEC classifica a eficiência com base na razão entre RUP observada e de referência. A Tabela 24 apresenta esta classificação com os intervalos expressos em hh/m² para o bloco 29×19×10 cm (referencial 0,770 hh/m²) e indica o posicionamento das amostras portuguesas e da média ponderada brasileira.

Tabela 24: Condições de Eficiência de Trabalho

Condição	Critério (RUP obs./RUP ref.)	Intervalo (hh/m ²) — bloco 29×19×10	Amostras PT	Brasil (méd. pond.)
Ótima	RUP obs./RUP ref. < 0,90	< 0,693 hh/m ²	PT-02 (−11,1%)	—
Boa	$0,90 \leq \text{RUP obs./RUP ref.} \leq 1,10$	0,693–0,847 hh/m ²	PT-04 (0,8%) PT-05 (0,7%) PT-01 (6,2%) PT-03 (7,5%)	✓ 0,8364 hh/m² (8,62%)
Razoável	$1,10 < \text{RUP obs./RUP ref.} \leq 1,30$	0,847–1,001 hh/m ²	—	BR-01, BR-06, BR-10
Fraca	RUP obs./RUP ref. > 1,30	> 1,001 hh/m ²	—	BR-09 (36,4%)

Fonte: LNEC (2019) com Acréscimo de Amostras

O enquadramento na escala de eficiência do LNEC revela dinâmicas distintas em cada contexto, o que importa discutir com precisão. No conjunto português, quatro das cinco amostras inserem-se na condição boa (rácios entre 0,90 e 1,10 em relação aos respetivos referenciais de bloco), enquanto PT-02 atinge a condição ótima (rácio < 0,90).

Para o conjunto brasileiro, a análise individual revela uma dispersão maior. Seis amostras (BR-02, BR-03, BR-04, BR-05, BR-07, BR-08) situam-se na condição boa; três amostras (BR-01, BR-06, BR-10) atingem a condição razoável; e BR-09 posiciona-se na condição fraca, com rácio de 1,364. A média ponderada global (0,8364 hh/m², rácio de 1,086) enquadra-se na condição boa, mas este valor médio oculta uma dispersão interna significativa que a análise individual torna visível. Este fenómeno, em que médias ocultam dispersões internas, reforça a importância da análise individual das amostras.

A classificação na condição boa não implica ausência de perdas em relação ao referencial. Um índice de proximidade de 8,62% no Brasil indica que o referencial subestima sistematicamente o consumo real em 8,62% no conjunto das dez obras analisadas. Este desvio sistemático positivo é coerente com a hipótese de que os referenciais técnicos tendem a ser calibrados com base em dados de obras com elevado nível de organização produtiva, condições que, por definição, não são universalmente replicáveis em campo (Bossink; Brouwers, 1996; Kaming *et al.*, 1997). A implicação prática é direta: para obras com perfil organizacional semelhante ao do conjunto brasileiro analisado, um fator de correção da ordem de 1,09 sobre o referencial SINAPI produzirá estimativas de produtividade com maior poder preditivo do que o valor tabelado. Esta recomendação está em linha com a abordagem de ajuste contextual dos referenciais proposta por Thomas e Zavrski (1999) e, mais recentemente, operacionalizada no contexto lusófono por Paliari (2008).

Finalmente, a convergência entre o índice médio brasileiro sem BR-09 (5,66%) e os índices individuais das amostras portuguesas mais próximas do referencial (PT-01: 6,2%, PT-04: 0,8%, PT-05: 0,7%) merece uma reflexão comparativa mais ampla. Esta aproximação numérica, observada em dois contextos geográficos, climáticos e regulatórios distintos, sugere que o LNEC, como sistema de referenciais técnicos, possui uma capacidade de generalização que transcende o contexto nacional específico da sua calibração original, desde que aplicado a obras com organização produtiva minimamente estruturada e a materiais com características físicas comparáveis. Esta hipótese, que permanece especulativa com os dados disponíveis, abre uma linha de investigação futura relevante para a consolidação de referenciais internacionais de produtividade em alvenaria manual, área identificada como prioritária por Abdelhamid e Everett (1999) e recentemente retomada no contexto de projetos de harmonização normativa entre Portugal e Brasil.

Em síntese, os resultados deste subcapítulo permitem avançar quatro conclusões analiticamente distintas e com implicações metodológicas e práticas. Primeira: os referenciais técnicos adotados, LNEC para Portugal e SINAPI para o Brasil, são estimadores tecnicamente sólidos para obras novas com organização produtiva minimamente estruturada, com desvios medianos inferiores a 8% em ambos os contextos, compatíveis com a variabilidade documental da literatura internacional. Segunda: a desagregação por amostra é metodologicamente indispensável, os índices agregados ocultam uma dispersão interna cujas causas são identificáveis e interpretáveis à luz da literatura, e cuja amplitude é analiticamente informativa para a calibração futura dos referenciais. Terceira: a natureza da fonte de dados (observação *in loco* versus dissertação académica) constitui uma variável moderadora relevante da fiabilidade dos índices de proximidade, que deve ser explicitada e considerada em qualquer comparação

entre amostras. Quarta: a presença de amostras atípicas, como BR-09, pode distorcer indicadores globais, justificando sua separação analítica.

4.3.3. Análise do Esforço Produtivo por Unidade de Massa

A comparação direta de índices em hh/m² entre Brasil e Portugal é metodologicamente limitada: os dois contextos utilizam blocos com dimensões e pesos substancialmente distintos, o que faz com que o indicador agregue implicitamente o efeito do material sem o isolar. Um bloco de 29×19×10 cm (4 kg, Brasil) exige cerca de 16,67 assentamentos por metro quadrado, enquanto blocos portugueses de 50×20×20 cm (16 kg) exigem apenas 9,34 assentamentos/m², Esta diferença compromete a comparabilidade direta entre os contextos.

Para contornar esta limitação, introduz-se o indicador h/kg (horas-homem por quilograma de material assentado), conforme as Figuras 31 e 32.

Amostra	Título	Peso (kg)	Área (m²)	HH Total	h/m²	BI,m²	h/bloco	h/kg
Portugal — 5 amostras								
PT-01	59	5	1.532,71	638,75	0,425100	16,869600	0,031196	0,007821
PT-02	30×20×20	5	1.491,80	810,00	0,543000	15,361000	0,052090	0,005228
PT-03	50×20×20	16	422,35	301,00	0,712700	3,337100	0,076328	0,004771
PT-04	40×19×20	16	179,73	120,00	0,667800	3,337100	0,071037	0,004609
PT-05	40×19×20	12	62,54	36,00	0,607600	12,195100	0,049831	0,004152
Brasil — 10 amostras								
BR-01	40×19×9	4	1.231,93	1.155,00	0,937600	16,666700	0,005295	0,014064
BR-02	29×19×10	4	1.130,00	856,00	0,778200	16,666700	0,048691	0,011673
BR-03	29×19×10	4	1.093,30	840,00	0,768400	16,666700	0,048226	0,011556
BR-04	29×19×10	4	1.432,50	1.120,00	0,788900	16,666700	0,047914	0,011975
BR-05	29×19×10	4	2.535,12	1.968,00	0,776300	16,666700	0,046578	0,011644
BR-06	28×19×10	4	1.675,00	1.440,00	0,859700	16,666700	0,051582	0,012896
BR-07	28×19×10	4	2.840,03	2.400,00	0,845100	16,666700	0,046160	0,011540
BR-08	28×19×10	4	1.175,00	975,00	0,829800	16,666700	0,048787	0,012447
BR-09	29×19×10	4	1.454,50	1.560,00	1,058500	16,666700	0,063032	0,015758
BR-10	29×19×10	4	840,00	760,00	0,934800	16,666700	0,054290	0,013571
Média pond.			15407,38	13074	0,8485544		0,0460555	0,0127124

Figura 31: Indicadores Individuais h/bloco e h/kg

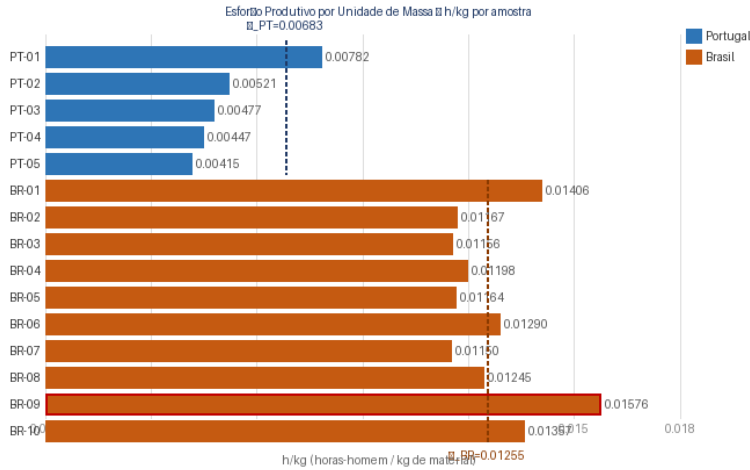


Figura 32: Distribuição do Indicador h/kg por Amostra

No grupo português, a dispersão de h/kg, entre 0,0042 (PT-05) e 0,0078 (PT-01), reflete a heterogeneidade de blocos utilizados. A amostra PT-01 (bloco leve de 5 kg, 45×19×10 cm) regista o valor mais elevado do grupo porque, apesar do peso reduzido, a pequena dimensão do bloco impõe elevada densidade de assentamento (10,87 bl/m²), aumentando os ciclos manuais por metro quadrado sem a compensação de área por bloco que os formatos maiores proporcionam. As amostras PT-03, PT-04 e PT-05, com blocos entre 12 kg e 16 kg e formatos maiores, apresentam os menores valores de h/kg do conjunto global, o que é consistente com a eficiência geométrica dos blocos de grande dimensão: cada assentamento individual cobre mais área, diluindo o custo temporal por unidade de massa.

No grupo brasileiro, a homogeneidade do bloco utilizado (29×19×10 cm, 4 kg, em todas as amostras) elimina o efeito material e permite isolar com maior clareza a influência das condições organizacionais e da tipologia da obra. Os valores variam entre 0,0115 (BR-07) e 0,0158 (BR-09). BR-07, a amostra com produto padronizado e maior repetição construtiva, regista o melhor desempenho do grupo, enquanto BR-09, obra de reforma, apresenta o valor mais elevado de toda a base de dados, resultado coerente com a imprevisibilidade executiva inerente a intervenções em edificações existentes, conforme discutido em 4.2.3.

Segue a Figura 33 com o comparativo de indicadores:

Comparativo de Indicadores — Portugal vs Brasil				
Indicador	Portugal	Brasil	Rácio BR/PT	Interpretação
hh/m² (média pond.)	0,5092	0,8364	1,64×	BR consome 64% mais hh/m²
h/bloco (média pond.)	0,049381	0,050181	1,02×	Esforço por assentamento próximo (+2%)
h/kg (média pond.)	0,006828	0,012545	1,84×	BR consome 84% mais h por kg
Bl, m² típico	9,34 – 15,36	16,67 (fixo)	—	BR: +43–79% mais assentamentos/m²
Peso unitário (kg)	5 – 16	4 (fixo)	—	Blocos PT 1,25×–4× mais pesados

Figura 33: Comparação dos três indicadores de produtividade com médias ponderadas pela área executada

O rácio h/kg de 1,84× indica que, por unidade de massa de material assentado, as amostras brasileiras consomem em média 84% mais horas-homem do que as portuguesas. Este resultado pode parecer contraintuitivo, o bloco brasileiro é mais leve, mas tem explicação estrutural clara: com 16,67 blocos/m² fixos em todas as amostras brasileiras, face a densidades entre 9,34 e 15,36 nas amostras portuguesas, cada metro quadrado de alvenaria brasileira exige entre 43% e 79% mais ciclos de manuseamento, posicionamento e alinhamento. Mesmo que cada ciclo individual seja mais rápido (bloco mais leve), o efeito volume de ciclos domina o resultado agregado quando normalizado pela massa.

A comparação direta de índices em hh/m² entre Brasil e Portugal é metodologicamente limitada, devido às diferenças de dimensões e peso dos blocos utilizados. Este resultado é o mais revelador da análise: quando o esforço é medido por assentamento individual, Brasil e Portugal são praticamente equivalentes. A diferença reside na quantidade de assentamentos por metro quadrado e no peso por assentamento, não na eficiência da operação unitária. Isto sugere que as equipas brasileiras e portuguesas operam com competência técnica semelhante ao nível do gesto produtivo, sendo as diferenças de hh/m² predominantemente explicadas pelas especificações do material e não por diferenças sistémicas de organização ou qualificação conforme defendida por Souza (2006).

Uma leitura crítica dos resultados exige, contudo, que se controle o efeito da amostra BR-09 (reforma) sobre a média brasileira. Excluindo essa amostra, a média ponderada de h/kg para as restantes 9 amostras brasileiras seria de 0,012204, reduzindo o rácio BR/PT para aproximadamente 1.79×. Esta diferença residual reflete a combinação do efeito de densidade de blocos com a variabilidade organizacional inerente a um conjunto que inclui tipologias diversas (multifamiliar, unifamiliar, galpão).

Em síntese, a normalização pelo peso do material revela que as diferenças de hh/m² observadas entre Brasil e Portugal não são integralmente atribuíveis a diferenças de eficiência produtiva das equipas. Uma parte estruturalmente significativa dessas diferenças é determinada pelas características físicas dos blocos utilizados em cada contexto, dimensão, densidade de assentamento e peso unitário. Este resultado reforça a necessidade de cautela na comparação internacional de índices de produtividade em alvenaria expressos em hh/m², alertando para o risco de conclusões enviesadas quando o material não é controlado na análise.

4.4. Convergência de Resultados

4.4.1. Convergência Geral de Resultados

A leitura integrada dos resultados indica que as diferenças de produtividade decorrem das condições reais de execução, refletindo diferenças na organização do canteiro, padronização das obras, composição das equipas e tipologias construtivas. No contexto português, as amostras apresentaram desvios reduzidos e coerentes com a variabilidade esperada na alvenaria manual, com elevada aderência ao referencial LNEC.

No contexto brasileiro, a maioria das amostras apresentou boa aderência ao referencial, com poucos casos de desvios mais expressivos associados a fatores organizacionais.

Do ponto de vista comparativo, o indicador h/kg revelou que as diferenças de hh/m² entre os dois contextos não são integralmente atribuíveis a diferenças de eficiência produtiva das equipas. A média ponderada brasileira de h/kg é 1,84 vezes superior à portuguesa, o que se explica pela maior densidade de assentamento do bloco brasileiro (16,67 blocos/m²). De forma reveladora, o indicador h/bloco, que mede o esforço por assentamento individual, apresentou um rácio de apenas 1,02 entre os dois contextos, sugerindo competência técnica semelhante ao nível da operação unitária. Este resultado é consistente com a perspetiva de Vogl e Abdel-Wahab (2014), que alertam para o risco de conclusões enviesadas em comparações internacionais quando o material não é devidamente controlado na análise.

A constatação de que os desvios médios verificados, da ordem de até 9% em ambos os contextos, se situam dentro da faixa compatível com a variabilidade inerente à execução manual de alvenaria (Sweis *et al.*, 2016; Thomas; Zavrski, 1999). Os desvios médios observados situam-se dentro da variabilidade típica da alvenaria manual, confirmando a consistência dos referenciais técnicos.

Observou-se ainda que o desempenho produtivo variou de forma coerente com o grau de estrutura organizacional identificado nas situações analisadas. Observou-se melhor desempenho em obras com maior maturidade organizacional e processos mais estruturados, enquanto contextos menos organizados apresentaram maiores perdas produtivas.

Em síntese, os resultados confirmam que as tabelas de produtividade, SINAPI no Brasil e LNEC em Portugal, constituem estimadores tecnicamente sólidos para obras novas com organização produtiva minimamente estruturada. A sua utilidade é maximizada quando utilizadas como base inicial para dimensionamento e planeamento, complementadas por medição contínua e leitura crítica dos resultados, permitindo ajustar premissas, antecipar desvios e melhorar a previsibilidade de prazo e custo. Esta posição converge com estudos anteriores que documentam aproximações razoáveis entre rendimentos reais e valores tabelados, acompanhadas de variações dependentes do contexto de execução (Campelo, 2018; Faria, 2020).

4.4.2. Convergência de Resultados na Validação dos Objetivos específicos

Este subcapítulo verifica explicitamente em que medida os resultados obtidos dão resposta aos objetivos propostos no Capítulo 1, completando o ciclo investigativo e conferindo ao trabalho a consistência analítica exigida. A Tabela 25 apresenta o cruzamento sistemático entre cada objetivo e as evidências produzidas pelo estudo.

Tabela 25: Cruzamento Sistemático entre Objetivos e Evidências do Estudo

Objetivo	Instrumento de validação	Resultado obtido
Objetivo Geral Comparar índices de referência com dados observados em obra, avaliando a eficiência real e discutindo como os índices devem ser utilizados na gestão.	Análise comparativa conduzida nos subcapítulos 4.3.1, 4.3.2 e 4.3.3, com quinze amostras distribuídas por dois contextos nacionais, dez brasileiras e cinco portuguesas, cobrindo quatro tipologias construtivas. O índice de proximidade foi calculado para cada amostra individual e para a média ponderada do conjunto brasileiro, permitindo avaliar simultaneamente o comportamento agregado e a dispersão interna de cada contexto.	Validado. Os referenciais SINAPI e LNEC demonstraram ser estimadores tecnicamente sólidos para obras com organização produtiva estruturada, com desvios médios inferiores a 9% em ambos os contextos, valor compatível com a variabilidade inerente à execução manual de alvenaria documentada na literatura internacional. A investigação produziu orientações práticas sustentadas em evidência empírica, incluindo o fator de correção de 1,09 para o Brasil e a obrigatoriedade de análise individual por tipo de bloco em Portugal, com implicações diretas para orçamentação, dimensionamento de equipas e controlo de produção.
OE1 Reunir e sistematizar os índices de referência aplicáveis à execução de alvenaria em cada país.	O Capítulo 2 analisou criticamente a estrutura metodológica do SINAPI e do LNEC, clarificando o âmbito de cada sistema, as condições de execução assumidas na calibração dos coeficientes e as implicações práticas decorrentes da sua utilização em contextos reais de obra. Os valores de referência foram sistematizados nas Tabelas 9 a 11 do Capítulo 3, com explicitação das unidades, dos critérios de contabilização de horas e das condições que delimitam a validade de cada parâmetro.	Validado. A caracterização crítica dos referenciais foi condição necessária para evitar comparações entre âmbitos distintos, risco identificado por Vogl e Abdel-Wahab (2015) como a principal fonte de distorção em estudos internacionais de produtividade. A análise revelou diferenças metodológicas relevantes entre os dois sistemas, nomeadamente na origem dos coeficientes e no grau de empirismo subjacente à calibração, diferenças que condicionam diretamente a interpretação dos desvios observados no Capítulo 4.

Objetivo	Instrumento de validação	Resultado obtido
OE2 Recolher e organizar dados de produtividade de medições in loco e de terceiros, garantindo consistência dos indicadores.	Base de dados construída a partir de três fontes de natureza distinta: medição in loco realizada pelo autor em Portugal, correspondente à amostra PT-01 com 1.502,71 m ² e protocolo de recolha descrito no subcapítulo 3.4; quatro amostras de produtividade extraídas de dissertações académicas portuguesas, PT-02 a PT-05; e dez amostras fornecidas por empresas brasileiras do setor, BR-01 a BR-10, cobrindo edifícios multifamiliares, habitação unifamiliar, reformas e galpões. Todos os dados foram convertidos para a métrica comum de hh/m ² e a heterogeneidade das fontes foi explicitada como variável moderadora com impacto direto na interpretação dos índices de proximidade.	Validado. A base de dados cobre quinze amostras em dois contextos nacionais, com documentação rigorosa da origem, das condições de recolha e das limitações de cada fonte, em conformidade com a lógica de replicação analítica proposta por Yin (2018). A distinção entre dados recolhidos in loco com controlo metodológico direto e dados provenientes de fontes secundárias foi mantida ao longo de toda a análise, conferindo transparência interpretativa e permitindo avaliar o peso relativo de cada fonte na robustez das conclusões.
OE3 Organizar e tratar os dados de forma a permitir comparação com os referenciais em unidades e indicadores consistentes.	O processo de padronização, descrito no subcapítulo 3.5.5, foi aplicado de forma diferenciada em função das características de cada contexto. Para o Brasil, a homogeneidade do bloco utilizado em todas as amostras legitimou o cálculo de uma média ponderada pela área executada como indicador de síntese. Para Portugal, a heterogeneidade tipológica dos blocos inviabilizou qualquer agregação, impondo a análise individual por amostra como única unidade metodológica válida. Complementarmente, foram calculados os indicadores h/bloco e h/kg para normalizar os resultados pela operação unitária e pelo peso do material.	Validado. A diferenciação metodológica entre os dois contextos evitou o erro dimensional identificado por Thomas e Zavrski (1999) como uma das principais fontes de distorção em estudos comparativos de produtividade. A introdução do indicador h/kg constituiu um contributo metodológico original desta investigação, ao demonstrar que o rácio h/bloco de 1,02 entre Brasil e Portugal evidencia competência técnica semelhante ao nível da operação unitária, sendo as diferenças em hh/m ² dominadas pela densidade de assentamento imposta pelas dimensões do material e não por diferenças sistémicas de eficiência produtiva.
OE4 Comparar, de forma direta, os valores observados em obra com os valores de referência.	O subcapítulo 4.3.1 apresentou a comparação direta entre os rendimentos observados e os referenciais nacionais aplicáveis, através das Tabelas 19 e 20. O subcapítulo 4.3.2 quantificou o índice de proximidade para cada amostra e para as médias agregadas, obtendo para o Brasil uma média ponderada de 0,8364 hh/m ² com índice de 8,62%, enquadrada na condição boa da escala de eficiência do LNEC, e para Portugal índices individuais entre -11,1% em PT-02 e +7,5% em PT-03, com quatro amostras na condição boa e uma na condição ótima.	Validado. A comparação foi conduzida com rigor metodológico diferenciado por contexto, adotando a análise individual como instrumento primário para Portugal, em consonância com a abordagem proposta por Proverbs, Holt e Olomolaiye (1999) para contextos com heterogeneidade tipológica. O enquadramento de todos os resultados na escala de eficiência de trabalho do LNEC, apresentado na Tabela 23, conferiu uma referência normativa comum ao posicionamento relativo de cada amostra, permitindo avaliar simultaneamente a magnitude e o sentido dos desvios observados.

Objetivo	Instrumento de validação	Resultado obtido
OE5 Interpretar criticamente os desvios observados, considerando condições típicas de execução em obra.	Cada amostra foi discutida individualmente nos subcapítulos 4.1, 4.2 e 4.3, com interpretação fundamentada dos desvios à luz de fatores documentados na literatura. Foram identificados e analisados mecanismos específicos em cada caso, incluindo o efeito da densidade de assentamento em PT-01, o impacto do peso do bloco na fadiga acumulada em PT-03, os fatores organizacionais diferenciadores entre PT-03 e PT-04 com material idêntico, o fenómeno de aprendizagem inversa em BR-01, as interrupções de abastecimento em BR-06, os efeitos de escala reduzida em BR-10 e as condicionantes sistêmicas inerentes à tipologia de reforma em BR-09.	Validado. Os desvios foram tratados como informação analiticamente relevante e não como ruído estatístico, em linha com a abordagem defendida por Sweis et al. (2016) e Kaming et al. (1997). A interpretação diferenciada por amostra permitiu distinguir desvios de natureza física, associados às características do material, de desvios de natureza organizacional, associados à gestão do processo produtivo, distinção com implicações diretas para a definição de medidas corretivas em contexto real de obra.
OE6 Discutir as implicações práticas dos resultados para a utilização de índices na gestão de obra.	Os subcapítulos 4.4.1 e 4.4.2 traduziram os resultados em implicações práticas concretas e operacionalizáveis. Para o Brasil, recomenda-se a aplicação de um fator de correção de 1,09 sobre o SINAPI em obras com perfil semelhante ao conjunto analisado, correspondendo à substituição do valor tabelado de 0,770 hh/m ² pelo valor empírico de 0,836 hh/m ² , com impacto quantificável de aproximadamente 330 horas-homem por cada 5.000 m ² de alvenaria orçamentada. Para Portugal, recomenda-se a análise bloco a bloco sem agregação tipológica e a adoção do h/kg como indicador complementar. Em ambos os contextos, recomenda-se a construção de bases internas de produtividade por medição sistemática em obra.	Validado. As implicações produzidas são diretamente operacionalizáveis sem necessidade de investigação adicional, distinguindo-se de recomendações genéricas pela especificidade dos valores propostos e pela rastreabilidade da evidência empírica que os sustenta. O alinhamento com as recomendações de Souza (2006) e com a abordagem de ajuste contextual proposta por Thomas e Zavrski (1999) e operacionalizada por Paliari (2008) confere sustentação bibliográfica às orientações práticas produzidas, reforçando a sua credibilidade académica e profissional.

Confirma-se o atendimento integral dos seis objetivos específicos e do objetivo geral. Importa, no entanto, sublinhar dois resultados transversais que conferem coerência ao conjunto. Em primeiro lugar, a diferenciação metodológica entre os dois contextos, análise individual para Portugal e média ponderada para o Brasil, não foi uma opção de conveniência, mas uma exigência analítica ditada pela heterogeneidade tipológica das amostras portuguesas. Em segundo lugar, a convergência dos índices de proximidade dos dois contextos sugere que os sistemas de referência LNEC e SINAPI operam numa escala de precisão semelhante para obras com perfil organizacional comparável, resultado que ultrapassa o âmbito de cada objetivo individual e constitui o contributo de síntese mais relevante desta investigação.

5. Conclusões

Esta dissertação comparou índices de produtividade de mão de obra na execução de alvenaria de enchimento em dois contextos nacionais, Brasil e Portugal, confrontando dados observados em obra com os referenciais técnicos SINAPI e LNEC.

5.1. Considerações finais

Contexto e objetivos: O problema de investigação partiu da constatação de que os referenciais técnicos de produtividade utilizados no planeamento e na orçamentação de obras, o SINAPI no Brasil e as tabelas de rendimentos do LNEC em Portugal, são aplicados frequentemente sem verificação prática da sua adequação ao contexto real de execução. Conforme alertado por Thomas et al. (1990) e Vogl e Abdel-Wahab (2015), a ausência de validação dos referenciais normativos compromete a confiabilidade do planeamento, limitação que esta investigação procurou precisamente suprir, confrontando os índices do SINAPI e do LNEC com dados reais de obra. A problematização não se limitou a verificar diferenças numéricas entre dois contextos nacionais, mas procurou esclarecer o que cada índice representa, sob que pressupostos é válido e como as divergências devem ser interpretadas à luz da literatura científica e das condições concretas de cada obra.

Resultados em Portugal: As cinco amostras portuguesas utilizaram tipos de bloco distintos, com dimensões entre 30x20x22 cm e 50x20x20 cm e pesos entre 5 kg e 16 kg, cada uma confrontada com o referencial LNEC específico ao seu bloco (Manso et al., 2013). Proverbs et al. (1999) já haviam demonstrado que comparações de produtividade entre contextos com materiais distintos exigem análise individual e não agregada, conclusão que os resultados desta investigação confirmam integralmente, uma vez que a heterogeneidade tipológica inviabiliza qualquer agregação por média. No contexto português, as amostras apresentaram elevada aderência aos referenciais LNEC, com desvios reduzidos e compatíveis com a variabilidade esperada da execução manual de alvenaria, em linha com o documentado por Campelo (2018) e Faria (2020). Apenas uma amostra apresentou desempenho superior ao referencial, resultado interpretado com cautela devido à reduzida dimensão da base de dados.

Resultados no Brasil: As dez amostras brasileiras utilizaram uniformemente blocos cerâmicos de 29x19x10 cm com 4 kg, com referencial SINAPI de 0,770 hh por m² (SINAPI, 2014b). Thomas e Završki (1999) defenderam que referenciais normativos bem calibrados tendem a aproximar-se dos valores reais em obras com organização produtiva estruturada, e os resultados desta investigação comprovam-no: a maioria das amostras brasileiras apresentou boa aderência ao SINAPI, confirmando essa aplicabilidade. Os desvios moderados observados nalgumas amostras associam-se a fatores organizacionais já identificados na literatura por Rivas et al. (2011) e Sweis et al. (2016) como determinantes da variabilidade de produtividade em obra.

A análise pelo indicador h por kg demonstrou que as diferenças de hh por m² entre os países são fortemente influenciadas pelas características físicas dos blocos e não apenas pela eficiência das equipas. Enshasi et al. (2007) e Sanders e Thomas (1991) já tinham apontado a densidade de assentamento e o peso do material como variáveis críticas na comparação

internacional de produtividade, e esta investigação comprova empiricamente essa relação, ao revelar que o indicador h por bloco é praticamente idêntico entre os dois países. O desempenho produtivo mostrou ainda forte relação com o grau de organização das obras, corroborando as conclusões de González et al. (2008) e Johari e Jha (2020) sobre o impacto das condições de gestão nos rendimentos de mão de obra.

Padrão de desempenho e fatores explicativos: Transversalmente aos dois contextos, o desempenho produtivo variou de forma coerente com o grau de estrutura organizacional das obras. Kaming et al. (1997) e Sweis et al. (2016) demonstraram que a organização do canteiro e a estabilidade das equipas são determinantes primários da produtividade, conclusão que esta investigação confirma: as amostras com maior maturidade de gestão, divisão clara de responsabilidades, rotinas de controlo e abastecimento regular tenderam a aproximar-se ou a superar os valores de referência, em linha com o documentado por González et al. (2008) e Ballard e Howell (2003). As amostras com menor padronização apresentaram rendimentos inferiores, refletindo as perdas associadas à variabilidade do fluxo produtivo descritas por Horman e Kenley (2005) e Rivas et al. (2011).

Os resultados confirmam SINAPI e LNEC como estimadores tecnicamente consistentes, com desvios dentro da variabilidade típica da alvenaria manual.

5.2. Contributos da Dissertação

No plano metodológico, o contributo central é o desenvolvimento de um protocolo comparativo estruturado para estudos de produtividade em alvenaria entre contextos nacionais com referenciais técnicos distintos. Vogl e Abdel-Wahab (2015) e Qi et al. (2024) identificaram a ausência de protocolos padronizados como uma das principais lacunas na literatura de benchmarking internacional de produtividade na construção, lacuna que esta investigação procura colmatar. O protocolo assenta em três princípios operacionais: padronização da unidade métrica de produtividade em hh por m², diferenciação do tratamento analítico por grau de homogeneidade tipológica das amostras, e introdução do indicador horas-homem por quilograma de material assentado como métrica de normalização independente das dimensões físicas dos blocos. Sanders e Thomas (1991) e Enshasi et al. (2007) já haviam argumentado que comparações internacionais sem controlo das características físicas do material produzem conclusões enviesadas, e esta investigação confirma empiricamente esse risco, ao demonstrar que o rácio h por bloco entre Brasil e Portugal é de 1,02, ou seja, as equipas dos dois países consomem praticamente o mesmo tempo por assentamento individual, sendo as diferenças em hh por m² dominadas pela densidade de assentamento imposta pelas dimensões do material. Esta constatação altera substantivamente a interpretação dos diferenciais de produtividade entre países quando expressos em hh por m², em linha com o alertado por Vogl e Abdel-Wahab (2015) e Proverbs et al. (1999).

No plano analítico, a investigação produziu três resultados com implicações directas para a prática de planeamento e controlo de produção. O primeiro é a quantificação do desvio sistemático de 8,62% entre a produtividade média ponderada observada nas dez amostras brasileiras, de 0,836 hh por m², e o referencial SINAPI de 0,770 hh por m² (SINAPI, 2014b), verificado de forma transversal em quatro tipologias construtivas. Kaming et al. (1997)

demonstraram que subestimações sistemáticas de mão de obra têm impacto direto nos custos e nos cronogramas, e esta investigação comprova exatamente esse efeito: para uma obra com 5 000 m² de alvenaria, o desvio traduz-se numa subestimação de aproximadamente 330 horas-homem. O segundo resultado é a identificação das causas específicas dos desvios em cada amostra, incluindo o impacto do peso do bloco na fadiga acumulada, fenómeno documentado por Abdelhamid e Everett (1999) e Antwi-Afari et al. (2017) e aqui empiricamente confirmado em PT-03, e os fatores organizacionais diferenciadores entre PT-03 e PT-04, que com material idêntico produziram desempenhos divergentes em 6,3 pontos percentuais, em linha com o demonstrado por Sweis et al. (2016). O terceiro resultado é a demonstração de que os referenciais SINAPI e LNEC operam com precisão semelhante em obras com organização produtiva estruturada, confirmando a tese de Thomas e Završki (1999) de que a convergência entre referencial e valor real depende fundamentalmente das condições de execução e não da origem normativa do índice. A convergência observada entre os dois sistemas após controlo da heterogeneidade tipológica corrobora ainda a posição de Vogl e Abdel-Wahab (2015) de que as diferenças entre referenciais nacionais resultam mais de pressupostos implícitos de calibração do que de divergência conceptual.

No plano da transferibilidade, o protocolo desenvolvido não é específico da atividade de alvenaria nem dos referenciais nacionais analisados. Rathnaayake e Middleton (2023) e Qi et al. (2024) sublinham a necessidade de metodologias replicáveis para ampliar o escopo do conhecimento em produtividade na construção, e a estrutura desta investigação responde a esse apelo, sendo replicável a revestimentos cerâmicos, rebocos ou pavimentos e transferível para outros pares de países (Vogl e Abdel-Wahab, 2015). A base de dados constituída, com quinze amostras documentadas, constitui um referencial disponível para investigações futuras, em conformidade com as boas práticas de investigação por estudo de caso descritas por Yin (2018).

5.3. Recomendações Práticas

Os resultados obtidos sustentam recomendações de natureza operacional direta, com implicações concretas para gestores de obra, orçamentistas e investigadores que utilizem os referenciais SINAPI e LNEC como base de planeamento e controlo de produção.

Para o contexto brasileiro, a evidência empírica rejeita a utilização do coeficiente SINAPI de 0,770 hh por m² como estimador neutro em obras de alvenaria de enchimento com bloco cerâmico 29x19x10 cm (SINAPI, 2014b). O desvio sistemático de 8,62% verificado manifesta-se em quatro tipologias distintas e repete-se independentemente do porte da empresa ou da presença de certificação formal de qualidade. Kaming et al. (1997) e Thomas (1995) documentaram que desvios sistemáticos desta natureza, quando ignorados na fase de orçamentação, comprometem a fiabilidade do cronograma e dos custos contratados, e esta investigação comprova empiricamente essa consequência: para uma obra com 5 000 m², o desvio representa uma subestimação de aproximadamente 330 horas-homem. Recomenda-se a adoção do valor corrigido de 0,836 hh por m² como referencial operativo, ou a aplicação explícita do fator de correção de 1,09 sobre o SINAPI na fase de orçamentação. A construção de uma base de dados interna por registo sistemático de obra é a recomendação de maior

impacto a longo prazo, em linha com o defendido por Navon (2005) como condição para um controlo de produção verdadeiramente calibrado ao contexto da organização.

Para o contexto português, a recomendação central é inequívoca: a produtividade em alvenaria não deve ser agregada entre tipologias de bloco distintas em nenhuma fase do planeamento ou controlo. Proverbs et al. (1999) alertaram para este risco em contextos europeus de heterogeneidade material, e esta investigação confirma-o: a heterogeneidade dimensional e gravimétrica dos blocos utilizados em Portugal torna qualquer média transversal analiticamente inválida. O referencial LNEC demonstrou ser um estimador robusto quando aplicado individualmente à ficha correspondente ao bloco em uso (Manso et al., 2013), com rácios entre 93% e 100% nas amostras de maior representatividade. Kaming et al. (1997) demonstraram que um único caso atípico não identificado pode distorcer indicadores de síntese, risco que esta investigação ilustra concretamente com a inclusão de BR-09, que eleva o índice médio de 5,66% para 8,62%.

Transversalmente aos dois contextos, recomenda-se a adoção do indicador h/kg como métrica complementar em qualquer análise comparativa que envolva blocos de características físicas distintas. O rácio h/bloco de 1,02 verificado entre Brasil e Portugal é o resultado analiticamente mais relevante desta investigação no plano comparativo internacional, pois demonstra que as equipas dos dois países consomem praticamente o mesmo tempo por assentamento individual e que as diferenças em hh/m² são dominadas pela densidade de assentamento imposta pelas dimensões do material, e não por diferenças de qualificação ou eficiência produtiva das equipas. Ignorar esta distinção conduz a conclusões incorretas sobre competência técnica relativa entre contextos, com consequências diretas na validade de estudos de benchmarking e na calibração de referenciais normativos. O h/kg é calculável a partir de dados já disponíveis em qualquer registo de obra, sem custo operacional adicional, e a sua generalização abriria a possibilidade de construir bases de benchmarking internacionais de produtividade em alvenaria manual, área ainda sem consolidação na literatura especializada.

5.4. Limitações da investigação

As limitações desta investigação são inerentes ao seu desenho metodológico e devem ser consideradas na ponderação do alcance das conclusões.

Dimensão e representatividade da base empírica: O conjunto português é composto por cinco amostras, das quais apenas uma foi recolhida diretamente in loco no âmbito deste estudo. As restantes quatro provêm de dissertações académicas, com condições de recolha heterogéneas e não controladas pelo autor. O conjunto brasileiro, embora mais amplo, está geograficamente concentrado, não cobrindo a totalidade da variabilidade regional de produtividade no país apontada por Barbosa et al. (2017). A ampliação da base empírica com amostras in loco controladas é o requisito mais urgente para aumentar a validade externa das conclusões, em conformidade com os critérios de rigor em estudos de caso descritos por Yin (2018).

Não mensuração independente das variáveis explicativas: Os fatores organizacionais e logísticos identificados como explicativos dos desvios observados, nomeadamente a composição das equipas, a continuidade de abastecimento e a estabilidade de frentes, são discutidos como hipóteses plausíveis sustentadas na literatura de Rivas et al. (2011) e Sweis et

al. (2016), mas não foram mensurados de forma independente nas amostras de terceiros. A investigação não permite, por isso, estabelecer relações de causalidade entre variáveis organizacionais e índices de produtividade, apenas associações analiticamente fundamentadas, limitação reconhecida também por Thomas et al. (1990) em estudos de campo desta natureza.

Heterogeneidade das fontes e padronização parcial: As medições *in loco* seguiram um protocolo definido nesta investigação. Os dados de terceiros podem ter sido recolhidos com critérios distintos quanto ao controlo de tempos e à definição do escopo de execução, variabilidade metodológica reconhecida por Huang et al. (2009) como estrutural em estudos comparativos de produtividade. Apesar do esforço de padronização descrito no subcapítulo 3.5.5, esta limitação não pode ser eliminada sem a recolha direta dos dados, conforme advertido por Thomas e Završki (1999).

O estudo centra-se no indicador hh por m², que expressa o esforço de mão de obra por unidade de área executada (Ramos, 2003). Park (2006) sublinha que este tipo de indicador, embora operacionalmente robusto, não captura eficiência económica, qualidade de execução ou impacto ambiental. As conclusões devem ser compreendidas no âmbito específico da produtividade de mão de obra em alvenaria de enchimento e não são automaticamente transferíveis para outras atividades construtivas, conforme enquadrado por Qi et al. (2024).

5.5. Desenvolvimentos Futuros

Com base nos resultados obtidos e nas limitações identificadas, propõem-se cinco linhas de investigação futura com potencial de aprofundar e ampliar os contributos desta dissertação.

Ampliação da base de dados com recolha *in loco* controlada. A realização de medições diretas em obras portuguesas com diferentes tipos de bloco e em obras brasileiras cobrindo diferentes regiões e tipologias permitiria testar as conclusões desta dissertação com maior rigor estatístico e representatividade geográfica. A inclusão de variáveis organizacionais mensuráveis, como composição das equipas, índice de rotação, frequência de interrupções e nível de certificação da obra, permitiria avançar de associações analíticas para relações de causalidade quantificáveis.

Extensão da metodologia a outras atividades de acabamento. A aplicação do protocolo comparativo desenvolvido nesta dissertação a revestimentos cerâmicos, rebocos e pinturas permitiria construir uma base de dados integrada de produtividade por fase construtiva, com maior poder de apoio ao planeamento global de empreendimentos. A comparação de desvios entre atividades poderia revelar padrões sistemáticos de sub ou sobre estimativação dos referenciais por domínio de trabalho.

Desenvolvimento de modelos preditivos de produtividade. Este tipo de modelo, sugerido por Hanna, Taylor e Sullivan (2005) como próximo passo natural em estudos de produtividade de campo, teria aplicação direta em ferramentas de orçamentação e de controlo de custos.

Estudo da relação entre produtividade e qualidade de execução. Os resultados desta dissertação não permitem inferir se os desvios observados em relação ao referencial são acompanhados de variações na qualidade do produto. Um estudo que combine medição de produtividade com registo de patologias, retrabalho e conformidade com normas técnicas (EN

771-1 em Portugal; NBR 15270-1 no Brasil) permitiria avaliar a relação entre eficiência e qualidade, questão com implicações diretas para a gestão integrada de empreendimentos.

As linhas propostas são progressivas e complementares: a primeira consolida a base empírica desta dissertação; a segunda amplia o seu escopo; a terceira avança para modelação preditiva; a quarta integra a dimensão da qualidade. O conjunto representa um programa de investigação coerente que pode ser desenvolvido de forma faseada, com retorno direto para a prática profissional na construção civil.

Bibliografia

- Abbasian-Hosseini, S. A., Nikakhtar, A., & Ghoddousi, P. (2014). Verification of lean construction benefits through simulation modeling: A case study of bricklaying process. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 18, 1248-1260.
- Abdelhamid, T. S., & Everett, J. G. (1999). Physiological demands of concrete slab placing and finishing work. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125, 47-52.
- ABNT, NBR 15270-1. (2023). Componentes Cerâmicos. <https://normadedesempenho.com.br/wp-content/uploads/2024/05/NBR-15270-1-.pdf>
- Ahmad, N., et al. (2003). Comparing labour productivity growth in the OECD area: the role of measurement.
- Alotaibi, B. S., et al. (2024). Building information modeling (BIM) adoption for enhanced legal and contractual management in construction projects. *Ain Shams Engineering Journal*, 15, 102822.
- ANICER. (n.d.). Associação Nacional da Indústria Cerâmica. <https://seer.atitus.edu.br/index.php/revistaec/article/view/910/647>
- Antwi-Afari, M. F., et al. (2017). Biomechanical analysis of risk factors for work-related musculoskeletal disorders during repetitive lifting task in construction workers. *Automation in Construction*, 83, 41-47.
- Anzanello, M. J., & Fogliatto, F. S. (2011). Learning curve models and applications: Literature review and research directions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41, 573-583.
- Araújo, L. O. C., & Souza, U. E. L. (2001). Produtividade da mão de obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores. *Boletim Técnico PCC n. 269*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). An update on last planner. In *Proceedings of the 11th Annual Conference, International Group for Lean Construction*, Blacksburg, VA, 1-10.
- Barbosa, D., Da Silva, V., & Cavalcante, E. (2021). Análise do método de levantamento de índices de razão unitária de produção dos serviços de reboco do SINAPI: proposta de inclusão de outras variáveis.
- Barbosa, F., Woetzel, J., & Mischke, J. (2017). Reinventing construction: A route to higher productivity. McKinsey Global Institute.
- Belizario-Silva, F., et al. (2025). Beams unlock large carbon savings in reinforced concrete structures. *Structures*, 109427.
- Bianchi, P. F., et al. (2021). Study of alternatives for the design of sustainable low-income housing in Brazil. *Sustainability*, 13, 4757.
- Bossink, B. A. G., & Brouwers, H. J. H. (1996). Construction waste: Quantification and source evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122, 55-60.

- Brasil. (2011). Lei nº 12.462 de 4 de agosto de 2011. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112462.htm
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31, 971-980.
- Caixa Econômica Federal. (2025). Crédito Habitação Obras. <https://www.cgd.pt/Particulares/Credito/Habitacao/Pages/Credito-Habitacao-Propria-Obras.aspx>
- Campelo, P. (2018). Rendimentos e controlo de mão de obra numa pequena empresa de construção [Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto].
- Corrêa, M. R. S. (2012). The evolution of the design and construction of masonry buildings in Brazil. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 7.
- De Albuquerque, A. T., Mounir, K., & Melo, A. A. C. (2012). A cost optimization-based design of precast concrete floors using genetic algorithms. *Automation in Construction*, 22, 348-356.
- Dos Santos, A., et al. (1998). Principle of transparency applied in construction. In *Proceedings of the Annual Conference IGLC-6*, 16-23.
- Drucker, P. (2001). Knowledge worker productivity. *California Management Review*, 41, 45-49.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14, 532-550.
- Enshassi, A., et al. (2007). Benchmarking masonry labor productivity. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56, 358-368.
- European Union. (n.d.). Marcação CE: obtenção do certificado, requisitos da UE. https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_pt.htm
- Faria, J. A. D. (2020). Avaliação do impacto de aspetos de forma dos elementos na produtividade do assentamento de alvenarias [Dissertação de Mestrado].
- Flanagan, R., & Jewell, C. (2019). Code of quality management: Guide to best practice construction quality management. *Code of Quality Management*, 1-119.
- Flanagan, R., & Jewell, C. (2021). Guide to quality management in construction: Site production and assembly. Chartered Institute of Building.
- Florez, L., & Cortissoz, J. C. (2016). Defining a mathematical function for labor productivity in masonry construction: A case study. *Procedia Engineering*, 164, 42-48.
- Franco, M. A. S. (2005). Pedagogia da pesquisa-ação. *Educação e Pesquisa*, 31, 483-502.
- Freitas, P. L. B. (2017). Análise comparativa entre orçamentos elaborados com composições de preço unitário de dois bancos de dados: SINAPI e TCPO [Estudo de caso no Distrito Federal].

- Furtado, A., et al. (2016). Geometric characterisation of Portuguese RC buildings with masonry infill walls. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 20, 396-411.
- Furtado, A., et al. (2020). Mechanical properties characterization of different types of masonry infill walls. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 14, 411-434.
- Gomide, T. L. F., et al. (2020). *Inspeção predial total*. Oficina de Textos.
- González, V., Alarcón, L. F., & Mundaca, F. (2008). Investigating the relationship between planning reliability and project performance. *Production Planning and Control*, 19, 461-474.
- Goodrum, P. M., & Haas, C. T. (2004). Long-term impact of equipment technology on labor productivity in the US construction industry at the activity level. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130, 124-133.
- Hanna, A. S., et al. (1999). Impact of change orders on labor efficiency for electrical construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125, 224-232.
- Hanna, A. S., Taylor, C. S., & Sullivan, K. T. (2005). Impact of extended overtime on construction labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131, 734-739.
- Harris, F., et al. (2020). *Modern construction management*. John Wiley & Sons.
- Horman, M. J., & Kenley, R. (2005). Quantifying levels of wasted time in construction with meta-analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131, 52-61.
- Huang, A. L., Chapman, R. E., & Butry, D. T. (2009). Metrics and tools for measuring construction productivity: Technical and empirical considerations.
- INMETRO. (n.d.). Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia. <https://www.gov.br/inmetro/pt-br>
- Instituto Português de Qualidade. (n.d.). IPQ EN 771-1. <https://www.ipq.pt/loja/normas/norma/52a89725-8bd0-ec11-a7b5-0022489d2218/>
- Jarkas, A. M. (2016). Learning effect on labour productivity of repetitive concrete masonry blockwork: Fact or fable? *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65, 1075-1090.
- Jazizadeh, F., Shealy, T., & Garvin, M. J. (Eds.). (2022). *Construction Research Congress: Health and Safety, Workforce, and Education*.
- Johari, S., & Jha, K. N. (2020). Impact of work motivation on construction labor productivity. *Journal of Management in Engineering*, 36, 04020052.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1984). Choices, values, and frames. *American Psychologist*, 39, 341.
- Kaming, P. F., et al. (1997). Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia. *Construction Management and Economics*, 15, 83-94.

- Kim, S., & Nguyen, V. T. (2018). A structural model for the impact of supply chain relationship traits on project performance in construction. *Production Planning and Control*, 29, 170-183.
- Koskela, L., et al. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Stanford University.
- Kramer, T. R. (1988). Process plan expression, generation, and enhancement for the vertical workstation milling machine in the automated manufacturing research facility at the National Bureau of Standards. US Department of Commerce, National Bureau of Standards.
- Laboratório Nacional de Engenharia Civil. (n.d.). LNEC. <https://www.lnec.pt/>
- Leite, R. E. M. (2015). Métodos construtivos de edifícios: Comparação entre pré-fabricação e construção tradicional em betão armado [Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico do Porto].
- Love, P. E. D., Irani, Z., & Edwards, D. J. (2004). A rework reduction model for construction projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 51, 426-440.
- Manso, J. A. C. C., Espada, J. C., & Fonseca, M. S. (2013). Informação sobre custos: Fichas de rendimentos. LNEC.
- Mills, A. J., Durepos, G., & Wiebe, E. (Eds.). (2009). Encyclopedia of case study research. Sage Publications.
- Monteiro, L. B. R., & Paliari, J. C. (2024). Os desafios da industrialização da construção civil no contexto brasileiro. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 20.
- Navon, R. (2005). Automated project performance control of construction projects. *Automation in Construction*, 14, 467-476.
- Neve, H. H., et al. (2020). Determining the relationship between direct work and construction labor productivity in North America: Four decades of insights. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146, 04020110.
- Nunes, J. M., et al. (2020). The civil construction sector in Brazil and the current economic crisis. *Research, Society and Development*, 9, e393997274.
- Oakland, J. S. (2025). Total quality management and operational excellence. Routledge. <https://www.routledge.com/cw/oakland>
- Olagunju, O. E. (2023). Enhancing labor productivity in construction management: Influential factors and contributions [Dissertação de Mestrado, Eastern Mediterranean University].
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2001). Measurement of aggregate and industry-level productivity growth (pp. 11-18).
- Paliari, J. C. (2008). Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil].

- Park, H. (2006). Conceptual framework of construction productivity estimation. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 10, 311-317.
- Pilat, D., & Schreyer, P. (2003). Measuring productivity. *OECD Economic Studies*, 2001, 127-170.
- Proverbs, D. G., Holt, G. D., & Olomolaiye, P. O. (1999). European construction contractors: A productivity appraisal of in situ concrete operations. *Construction Management and Economics*, 17, 221-230.
- Qi, K., et al. (2024). A systematic review of construction labor productivity studies: Clustering and analysis through hierarchical latent dirichlet allocation. *Ain Shams Engineering Journal*, 15, 102896.
- Ramos, A. N. (2003). Manual pedagógico PRONACI sobre produtividade. Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias.
- Rathnaayake, A., & Middleton, C. (2023). Systematic review of the literature on construction productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149, 03123005.
- Rawlins, R. A. (2008). Total quality management. AuthorHouse.
- Rivas, R. A., et al. (2011). Analysis of factors influencing productivity using craftsmen questionnaires: Case study in a Chilean construction company. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137, 312-320.
- Rojas, E. M., & Aramvarekul, P. (2003). Labor productivity drivers and opportunities in the construction industry. *Journal of Management in Engineering*, 19, 78-82.
- Rusu, C. (2016). From quality management to managing quality. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 221, 287-293.
- Sampaio, P., Saraiva, P., & Guimarães Rodrigues, A. (2009). ISO 9001 certification research: Questions, answers and approaches. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 26, 38-58.
- Sanders, S. R., & Thomas, H. R. (1991). Factors affecting masonry labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 117, 626-644.
- Shao, K., Janssens, M., & Greenwood, M. (2025). Messing up visual management studies: A problematizing review. *Journal of Management Studies*, 62, 3118-3152.
- Shehata, M. E., & El-Gohary, K. M. (2011). Towards improving construction labor productivity and projects' performance. *Alexandria Engineering Journal*, 50, 321-330.
- Silva, M. A. (2023). Comparative study between the unit price compositions of the databases of the SINAPI, EMLURB and TCPO systems.
- SINAPI. (2014a). Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.
- SINAPI. (2014b). Manual de metodologias e conceitos. https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smgae/usu_doc/sinapi_manual_de_metodologias_e_conceitos.pdf

- SINAPI. (n.d.). Cálculos e parâmetros (7a ed.). <http://www.caixa.gov.br>
- SINAPI. (2025). Metodologias e conceitos (10a ed., atualizado em junho de 2025). Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.
- Sink, D. S., Tuttle, T. C., & Shin, S. (1989). Planning and measurement in your organization of the future. Industrial Engineering and Management Press.
- Souza, U. E. L. (2006). Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção civil. Editora Pini.
- Stake, R., & Visse, M. (1995). Case study research. Springer.
- Stanton, N. A., et al. (2017). Human factors methods: A practical guide for engineering and design. CRC Press.
- Strandberg, J., et al. (2005). What do construction workers do? Direct observations in housing projects. In Proceedings of the 11th Joint CIB International Symposium, 184-193.
- Sweis, G. J., Hiyassat, M. A., & Hiyari, M. A. (2016). Factors affecting construction labour productivity: A case study of Jordan. International Journal of Construction Management, 16, 138-149.
- Talha, M. (2004). Total quality management: An overview. The Bottom Line, 17, 15-19.
- Teizer, J., Cheng, T., & Fang, Y. (2013). Location tracking and data visualization technology to advance construction ironworkers' education and training in safety and productivity. Automation in Construction, 35, 53-68.
- Thomas, H. R., & Napolitan, C. L. (1995). Quantitative effects of construction changes on labor productivity. Journal of Construction Engineering and Management, 12, 290-296.
- Thomas, H. R., & Yiakoumis, I. (1987). Factor model of construction productivity. Journal of Construction Engineering and Management, 113, 623-639.
- Thomas, H. R., & Završki, I. (1999). Construction baseline productivity: Theory and practice. Journal of Construction Engineering and Management, 125, 295-303.
- Thomas, H. R., Maloney, W. F., Horner, R. M. W., Smith, G. R., & Handa, S. R. (1990). Modeling construction labor productivity. Journal of Construction Engineering and Management, 116, 705-726.
- Tucker, R. L. (1986). Management of construction productivity. Journal of Management in Engineering, 2, 148-156.
- Vann, C., et al. (2026). Differences in how we build: Material use and intensity in small multi-units' buildings in Brazil, Canada, Greece, Nigeria and Switzerland. Resources, Conservation and Recycling, 224, 108548.
- Vantam, N., et al. (2021). Critical factors affecting construction labor productivity: A comparison between perceptions of project managers and contractors. Cogent Business and Management, 8, 1863303.

- Vasco, J. F. C. C. (2011). Produtividade na indústria da construção [Dissertação, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto]. <http://www.fe.up.pt>
- Vogl, B., & Abdel-Wahab, M. (2015). Measuring the construction industry's productivity performance: Critique of international productivity comparisons at industry level. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141, 04014085.
- Voss, C. (2010). Case research in operations management. In *Researching Operations Management*. Routledge, 176-209.
- Xu, Y., et al. (2006). Processing dependence of texture, and critical properties of YBa₂Cu₃O₇ films on RABiTS substrates by a non-fluorine MOD method. *Journal of the American Ceramic Society*, 89, 914-920.
- Yi, W., & Chan, A. P. C. (2014). Critical review of labor productivity research in construction journals. *Journal of Management in Engineering*, 30(2), 214–225. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000194](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000194)
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de caso: Planejamento e métodos*. Bookman.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications*. Sage.

APÊNDICE A

Tabela com Amostras de Coleta In Loco em Portugal

Função	Produção	Atividade	Servente	Local	Fornecimento de Material	Observação
Pedreiro	17,00	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	20,86	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	Pequenas paredes
Pedreiro	36,32	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	Parede reta no corredor
Pedreiro	28,00	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	24,80	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	Parede reta no andaime
Pedreiro	34,00	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	Parede reta inteira
Pedreiro	18,10	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	12,00	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	Várias Esquadrias
Pedreiro	21,00	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	15,19	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	19,88	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	28,00	Alvenaria	Constante	2 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	16,26	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	24,00	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	15,00	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	Várias Esquadrias
Pedreiro	25,14	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	19,29	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	23,93	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	30,35	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	Parede reta inteira
Pedreiro	18,74	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	22,80	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	14,16	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	19,81	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	19,52	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	27,78	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	15,26	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	Várias Esquadrias

Pedreiro	34,72	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	Parede reta inteira
Pedreiro	22,50	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	22,91	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	24,89	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	23,00	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	30,66	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	Parede reta inteira
Pedreiro	25,80	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	19,51	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	24,11	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	22,73	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	22,73	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	17,92	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	32,60	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	14,16	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	Várias Esquadrias
Pedreiro	18,08	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	Várias Esquadrias
Pedreiro	22,35	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	18,74	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	22,80	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	14,16	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	19,81	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	17,40	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	19,52	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	23,78	Alvenaria	Constante	4 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	15,26	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	16,20	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	14,24	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	19,10	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	13,00	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	Várias Esquadrias
Pedreiro	20,75	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	15,19	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	19,88	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	28,00	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	16,26	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	23,50	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	15,00	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	Várias Esquadrias
Pedreiro	21,14	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	19,29	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	23,93	Alvenaria	Constante	5 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	24,35	Alvenaria	Constante	3 Pavimento	Constante	Parede reta inteira
Pedreiro	18,70	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	22,80	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	12,16	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	Algumas Esquadrias
Pedreiro	19,50	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	18,40	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	27,78	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	-
Pedreiro	11,40	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	Várias Esquadrias
Pedreiro	19,80	Alvenaria	Constante	6 Pavimento	Constante	-