

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA GERADA PELO CALOR DE HIDRATAÇÃO
DE PASTAS DE CIMENTOS PORTLAND FABRICADOS COM NANOTUBOS
DE CARBONO**

Autora: Alice Zanforlin Benedetti

Orientador: Prof. Ph.D. José Márcio Fonseca Calixto

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Orlando Ladeira

Belo Horizonte

Fevereiro/2018

Alice Zanforlin Benedetti

**" AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA GERADA PELO CALOR DE HIDRATAÇÃO
DE PASTAS DE CIMENTOS PORTLAND FABRICADOS COM NANOTUBOS
DE CARBONO "**

Dissertação apresentada a Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Materiais de Construção Civil. Linha de pesquisa: Materiais Cimentícios.

Orientador: Prof. Ph.D. José Márcio Fonseca Calixto

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Orlando Ladeira

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2018

B462a

Benedetti, Alice Zanforlin.

Avaliação da temperatura gerada pelo calor de hidratação de pastas de cimentos Portland fabricados com nanotubos de carbono [manuscrito] / Alice Zanforlin Benedetti. - 2018.

xvii, 159 f., enc.: il.

Orientador: José Márcio Fonseca Calixto.

Coorientador: Luiz Orlando Ladeira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 109-159.

Bibliografia: f. 103-108.

1. Construção civil - Teses. 2. Materiais de construção - Teses. 3. Cimento Portland - Teses. 4. Nanotubos de carbono - Teses. I. Calixto, José Márcio Fonseca, 1957-. II. Ladeira, Luiz Orlando. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 691 (043)

ALICE ZANFORLIN BENEDETTI

**"AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA GERADA PELO CALOR DE
HIDRATAÇÃO DE PASTAS DE CIMENTOS PORTLAND FABRICADOS COM
NANOTUBOS DE CARBONO"**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 07 de fevereiro de 2018

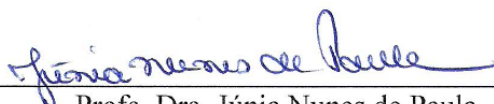
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Marcio Fonseca Calixto
Orientador
UFMG



Prof. Dr. Luiz Orlando Ladeira
Coorientador
UFMG



Profa. Dra. Júnia Nunes de Paula
CEFET/MG



Prof. Dr. Péter Ludvig
CEFET/MG

Dedico este trabalho ao meu marido Simão e à minha eterna mãe Eunice.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Orientador José Márcio Fonseca Calixto, pela competência, compreensão, confiança e dedicação durante todo o tempo deste trabalho;

Ao Prof. Coorientador Luiz Orlando Ladeira, pelo auxílio e disposição;

Aos professores do CEFET-MG Peter Ludvig e Júnia Nunes de Paula por fazerem parte da banca examinadora e por suas sugestões no texto.

À professora Adriana Guerra Gumieri pelos comentários e críticas;

Às colegas de mestrado Ana Elisa, Suéllen e Laísa pelo apoio e amizade durante este período;

À InterCement pelo patrocínio do projeto;

Aos colegas do CTNano, especialmente Tarcizo, Raquel, Guaracy e Matheus pelo suporte técnico fornecido e auxílio em diversos ensaios;

À Danielle pelo carinho e dedicação ao longo de toda a pesquisa;

À Pollyanna pelos conselhos e amizade;

Às minhas irmãs Lenice e Janice, minhas tias Beatriz, Laide e Naná e ao meu pai José Luiz, por todo o carinho, amor e incentivo;

A Deus por estar comigo em todos os momentos.

RESUMO

A produção de cimento é responsável por 7% do total de emissões de gás carbônico (CO₂) na atmosfera. Com o objetivo de reduzir essa emissão, a diminuição do consumo de clínquer de cimento Portland é o caminho natural. A engenharia de materiais tem realizado vários estudos no desenvolvimento de compósitos cimentícios que possibilitam a substituição parcial do clínquer. Desde o seu descobrimento em 1991, nanotubos de carbono (NTC) têm promovido grandes mudanças na área da engenharia de materiais. No caso específico de matrizes de cimento Portland, esses elementos de escala nanoscópica podem melhorar o desempenho das mesmas. Neste cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variação da temperatura gerada pelo calor de hidratação em pastas de cimento Portland fabricado com nanotubos de carbono. Os NTCs foram sintetizados diretamente sobre o clínquer de cimento por processo contínuo. Para a avaliação dos efeitos do cimento nanoestruturado, foram produzidas pastas com os teores de 0,1% e 0,3% de NTC, a fim de se comparar com a variação da temperatura gerada pela pasta de referência produzidas com cimentos CP V e CP III 40 RS sem nanotubos. Foi empregada uma câmara semi-adiabática, desenvolvida neste projeto, na qual foram dispostas as pastas de cimentos Portland durante a hidratação. Os valores de temperatura foram coletados com auxílio do registrador PicoLog, que opera por meio de termopares introduzidos nas amostras, fornecendo dados informatizados para geração das curvas de perfil térmico das pastas de cimento. O monitoramento desse perfil térmico foi realizado utilizando a “*non-conventional differential thermal analysis*” - NCDTA. Além disso, avaliou-se a alteração dos tempos de início e fim de pega das pastas com NTC por meio da análise de Vicat e da calorimetria. Os nanotubos de carbono não alteraram o perfil térmico das pastas produzidas com ambos os cimentos utilizados. Por outro lado, para as pastas fabricadas com CP III-40 RS, a presença dos nanotubos, independentemente do teor, reduziu os tempos de início e fim de pega em relação à pasta de referência.

Palavras-chave: nanotubos de carbono, cimento Portland, pasta de cimento, perfil térmico, hidratação e tempo de pega.

ABSTRACT

Cement production is responsible for 7% of carbon dioxide (CO₂) total emissions. With the goal of reducing this emission, the decrease in consumption of Portland cement clinker is the natural way. Several investigations in the last years have been conducted in developing cementitious composites that provide partial substitution of clinker. Since their discovery in 1991, carbon nanotubes (CNT) have promoted major changes in different areas. In the specific case of Portland cement composites, these nanoscale elements can improve their performance. In this scenario, the objective of this work was to evaluate the variation of the temperature generated by the heat of hydration of Portland cement pastes made with carbon nanotubes. The CNTs were synthesized directly on the cement clinker in a continuous process. For the assessment of the effects of CNTs, cement pastes were produced with 0.1% and 0.3% of CNTs with respect to cement mass. Pastes made with Brazilian type CP V and CP III 40 RS cements without CNTs were also produced for comparison. A semi-adiabatic chamber, developed in this project, was used in which the cement pastes were kept during hydration. Thermocouples placed in samples were employed from which the temperature values were collected with the aid of the PicoLog recorder. This way cement paste temperature profiles were generated using a non-conventional differential thermal analysis (NCDTA). In addition, the initial and final paste setting times were measured by Vicat analysis and calorimetry. The carbon nanotubes did not change the thermal profile of the pastes produced with both cements: Brazilian type CP V and CP III 40 RS. On the hand, for pastes produced with CP III 40 RS cement and both CNT ratios, the initial and final setting times were reduced.

Keywords: carbon nanotubes, Portland cement, cement paste, temperature profile, hydration and setting times.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 – Exemplo de perfil térmico de uma pasta de cimento Portland- NCDTA. | 8 |
| Figura 2.2 – Exemplo de uma curva de energia térmica de uma pasta de cimento Portland..... | 9 |
| Figura 2.3 – Técnica de NCDTA. | 11 |
| Figura 2.4 – Curvas NCDTA de pastas de controle | 12 |
| Figura 2.5 – Avaliação do calor acumulado em relação à massa de cimento - pastas de controle..... | 14 |
| Figura 2.6 – Calor específico dos insumos | 15 |
| Figura 2.7 – Curvas NCDTA normalizadas – pastas de CPII-F-32 | 16 |
| Figura 2.8 – Curvas NCDTA normalizadas – pastas de CPII-F-32 | 17 |
| Figura 2.9 – Curvas NCDTA de pastas somente com o RAI..... | 18 |
| Figura 2.10 – Curvas NCDTA de pastas somente com o RNi | 18 |
| Figura 2.11 – Influência do teor dos resíduos no tempo de ocorrência do 2º pico | 19 |
| Figura 2.12 – Curvas NCDTA nas primeiras 24 h de hidratação | 21 |
| Figura 2.13 – Energia acumulada nas primeiras 24 h de hidratação | 21 |
| Figura 2.14 – Curvas NCDTA de pastas de CPV-ARI | 23 |
| Figura 2.15 – Energia acumulada nas primeiras 24 h de hidratação-pastas de CPV- ARI | 24 |
| Figura 2.16 – Tempos de pega determinados por Vicat indicados na curva NCDTA -pasta a/c=0,35..... | 25 |
| Figura 2.17 – Curva típica de taxa de calor de hidratação com áreas indexadas . | 26 |
| Figura 2.18 – Derivada primeira da taxa de calor gerado | 27 |
| Figura 2.19 – Formação dos nanotubos de carbono: (a) folha de grafeno;(b) e (c) folha de grafeno enrolando; (d) nanotubo de carbono..... | 28 |
| Figura 2.20 – Estruturas de nanotubos de carbono: (a) nanotubo de carbono de parede simples; (b) nanotubo de carbono de parede múltipla..... | 29 |
| Figura 2.21 – Sistema típico de um processo CVD..... | 30 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.22 – Curvas de taxas de calor – pastas de cimento classe G com NTCPM | 34 |
| Figura 2.23 – Curvas de calor acumulado – pastas de cimento classe G com NTCPM..... | 35 |
| Figura 3.1 – Reator CVD para síntese de clínquer nanoestruturado – Processo de síntese contínua. | 39 |
| Figura 3.2 – Curva de perda de massa do clínquer por análise termogravimétrica. | 40 |
| Figura 3.3 – Imagem de microscopia eletrônica de varredura do clínquer nanoestruturado ampliada 30.000X..... | 41 |
| Figura 3.4 – Imagem de microscopia eletrônica de varredura do clínquer nanoestruturado ampliada 60.000X..... | 41 |
| Figura 3.5 – Imagem de microscopia eletrônica de varredura da região B do clínquer nanoestruturado ampliada 140.000X..... | 42 |
| Figura 3.6 – Aparato de medição e aquisição de dados. | 46 |
| Figura 3.7 – Câmara semi-adiabática | 47 |
| Figura 3.8 – Amostras inseridas na câmara e monitoradas por meio de termopares | 47 |
| Figura 3.9 – Detalhe da câmara semi-adiabática e dos porta amostras contendo as pastas de cimento | 49 |
| Figura 3.10 – Sistema de medição de temperatura e câmara semi-adiabática..... | 53 |
| Figura 3.11 – Esquema das amostras para ensaio de Vicat..... | 56 |
| Figura 4.1 – Perfis térmicos das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI | 58 |
| Figura 4.2 – Perfil térmico representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI | 59 |
| Figura 4.3 – Perfis térmicos das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC..... | 60 |
| Figura 4.4 – Perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC | 61 |
| Figura 4.5 – Perfis térmicos das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,3% de NTC..... | 62 |
| Figura 4.6 – Perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,3% de NTC | 63 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.7 – Perfis térmicos representativos das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI com e sem NTC | 64 |
| Figura 4.8 – Perfis térmicos das pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS | 66 |
| Figura 4.9 – Perfil térmico representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS..... | 67 |
| Figura 4.10 – Perfis térmicos das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,1% de NTC..... | 68 |
| Figura 4.11 – Perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,1% de NTC | 69 |
| Figura 4.12 – Perfis térmicos das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,3% de NTC..... | 70 |
| Figura 4.13 – Perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,3% de NTC | 71 |
| Figura 4.14 – Perfis térmicos representativos das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS com e sem NTC | 72 |
| Figura 4.15 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI..... | 75 |
| Figura 4.16 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI | 76 |
| Figura 4.17 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC..... | 77 |
| Figura 4.18 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC | 78 |
| Figura 4.23 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS..... | 85 |
| Figura 4.24 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,1% de NTC | 86 |
| Figura 4.25 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,1% de NTC..... | 87 |
| Figura 4.26 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,3% de NTC | 88 |
| Figura 4.27 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,3% de NTC..... | 89 |
| Figura 4.28 – Curvas de calor acumulado(u.a.) representativas das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS com e sem NTC..... | 90 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.32 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI | 94 |
| Figura 4.33 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC | 94 |
| Figura 4.34 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,3% de NTC | 95 |
| Figura 4.35 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS..... | 95 |
| Figura 4.36 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,1% de NTC | 96 |
| Figura 4.37 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,3% de NTC | 96 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 3.1 – Propriedades do CPV-ARI | 44 |
| Tabela 3.2 – Propriedades do CPIII-40 RS | 45 |
| Tabela 3.3 – Denominação e composição das pastas de cimento e da amostra inerte | 51 |
| Tabela 3.4 – Calor específico dos materiais (T em °C)..... | 54 |
| Tabela 4.1 – Cálculo do calor acumulado das pastas representativas | 74 |
| Tabela 4.2 – Calor acumulado (u.a.) médio das pastas fabricadas com CPV-ARI | 82 |
| Tabela 4.3 – Calor acumulado (u.a.) das pastas representativas fabricadas com CPV-ARI..... | 82 |
| Tabela 4.4 – Calor acumulado (u.a.) médio das pastas fabricadas com CPIII-40 RS | 91 |
| Tabela 4.5 – Calor acumulado (u.a.) das pastas representativas de CPIII-40 RS | 91 |
| Tabela 4.6 – Resultados da Análise de Vicat..... | 92 |
| Tabela 4.7– Tempos de Pega das pastas representativas determinados por Calorimetria | 97 |
| Tabela 4.8 – Calor acumulado (u.a.) médio das pastas fabricadas com CPV-ARI nos tempos de início e fim de pega (Análise de Vicat) | 98 |
| Tabela 4.9 – Calor acumulado (u.a.) médio das pastas fabricadas com CPIII-40 RS nos tempos de início e fim de pega (Análise de Vicat) | 99 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ASE | Área superficial específica |
| CPH-F-32 | Cimento Portland Composto com Fíler, classe 32 |
| CPH-40 RS | Cimento Portland de alto-forno, classe 40, resistente a sulfatos |
| CPV-ARI | Cimento Portland de alta resistência inicial |
| CTNano | Centro de tecnologia em nanotubos de carbono e grafeno |
| CVD | <i>Chemical Vapor Deposition</i> |
| DSC | <i>Differential Scanning Calorimetry</i> |
| MEV | Microscopia eletrônica de varredura |
| NBR | Norma Brasileira |
| NCDTA | <i>Non-conventional differential thermal analysis</i> |
| NFC | Nanofibras de carbono |
| NM | Norma MERCOSUL |
| NTC | Nanotubos de carbono |
| NTC01 | Pasta de cimento Portland contendo 0,1% de NTC |
| NTC02 | Pasta de cimento Portland contendo 0,2% de NTC |
| NTC03 | Pasta de cimento Portland contendo 0,3% de NTC |
| NTCPM | Nanotubos de carbono de paredes múltiplas |
| NTCPS | Nanotubos de carbono de paredes simples |
| TGA | Análise termogravimétrica |
| UFMG | Universidade Federal de Minas Gerais |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|---|------------------------------------|
| Al_2O_3 | Óxido de alumínio |
| $\text{C}_3\text{A} - 3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ | Aluminato tricálcico |
| $\text{C}_3\text{S} - 3\text{CaOSiO}_2$ | Silicato tricálcico |
| $\text{C}_6\text{A}\bar{\text{S}}_3\text{H}_{32}$ | Etringita |
| $\text{C}_4\text{A}\bar{\text{S}}\text{H}_{18}$ | Monossulfato hidratado |
| CaO | Óxido de cálcio |
| $\text{CH} - \text{Ca}(\text{OH})_2$ | Hidróxido de cálcio |
| CO_2 | Dióxido de carbono (gás carbônico) |
| $\text{C-S-H} - x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 y\text{H}_2\text{O}$ | Silicato de cálcio hidratado |
| Fe_2O_3 | Óxido de ferro III (hematita) |
| K_2O | Óxido de potássio |
| MgO | Óxido de Magnésio |
| Na_2O | Óxido de sódio |
| SiO_2 | Óxido de silício |
| SO_3 | Trióxido de enxofre |
| T | Temperatura |
| t | Tempo |
| Δ | Letra grega delta - variação |

LISTA DE UNIDADES

| | |
|-----------------|---------------------|
| cal | caloria |
| cm | centímetro |
| cm ² | centímetro quadrado |
| g | grama |
| GPa | giga Pascal |
| GJ | giga Joule |
| h | hora |
| J | joule |
| kg | quilograma |
| kJ | quilo Joule |
| m | metro |
| m ² | metro quadrado |
| min | minuto |
| mm | milímetro |
| nm | nanômetro |
| mW | mili Watt |
| s | segundo |
| W | Watt |
| % | por cento |
| °C | grau Celsius |

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| AGRADECIMENTOS | v |
| RESUMO | vi |
| <i>ABSTRACT</i> | vii |
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| LISTA DE TABELAS | xii |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | xiii |
| LISTA DE SÍMBOLOS | xiv |
| LISTA DE UNIDADES..... | xv |
| SUMÁRIO | xvi |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Considerações Iniciais..... | 1 |
| 1.2 Justificativa | 2 |
| 1.3 Objetivos | 3 |
| 1.4 Estrutura da Dissertação | 4 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 2.1 Calor de Hidratação..... | 5 |
| 2.2 Metodologias para Avaliar o Calor Gerado Durante o Processo de Hidratação | 6 |
| 2.2.1 Fundamentação teórica | 6 |
| 2.2.2 Estudos anteriores encontrados na literatura empregando a “non-conventional differential thermal analysis – NCDTA” | 10 |
| 2.3 Início e Fim do Tempo de Pega - Análise de Vicat..... | 22 |
| 2.4 Nanotubos de Carbono | 27 |
| 2.5 O Emprego de Nanotubos de Carbono em Matrizes Cimentícias | 31 |
| 3 METODOLOGIA..... | 38 |
| 3.1 Caracterização dos Materiais Utilizados..... | 38 |
| 3.1.1 Clínquer nanoestruturado | 38 |
| 3.1.2 Cimentos Portland CPV-ARI e CPIII-40 RS..... | 42 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 3.2 | Desenvolvimento da Câmara Semi-adiabática..... | 45 |
| 3.3 | Composição e Preparo das Pastas de Cimentos Portland..... | 50 |
| 3.4 | Ensaio de Monitoramento da Temperatura durante a Hidratação do Cimento Portland..... | 52 |
| 3.5 | Determinação das Curvas de Calor Acumulado ao longo do Tempo..... | 53 |
| 3.6 | Determinação dos Tempos de Início e Fim de Pega através da Calorimetria | 54 |
| 3.7 | Determinação dos Tempos de Início e Fim de Pega através da Análise de Vicat | 55 |
| 4 | APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 57 |
| 4.1 | Perfis Térmicos | 57 |
| 4.2 | Calor acumulado ao longo do processo de hidratação das pastas | 73 |
| 4.3 | Tempos de Pega determinados pela Análise de Vicat | 92 |
| 4.4 | Tempos de Pega determinados por Calorimetria | 93 |
| 4.5 | Relação entre os Tempos de Pega e o Calor Acumulado..... | 98 |
| 5 | CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO ESTUDO | 100 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 103 |
| | APÊNDICE A - Dados dos Perfis Térmicos | 109 |
| | APÊNDICE B - Valores da Derivada de Primeira Ordem dos Perfis Térmicos ... | 130 |
| | APÊNDICE C - Valores do Calor Acumulado das Pastas Representativas | 137 |
| | APÊNDICE D - Medidas do Calor Específico em Função da Temperatura | 158 |
| | APÊNDICE E – Valores da Análise de Vicat..... | 159 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

De acordo com Mehta (2009), o aquecimento global, provocado pelo efeito estufa, é consequência da emissão de gás carbônico (CO_2) na atmosfera e a indústria do cimento é uma das principais geradoras desse gás sendo responsável por 7% do total de emissões no mundo. Além disso, o consumo de energia para a fabricação é de 4 GJ/tonelada de cimento Portland produzido (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Mehta (2009) estabelece três ferramentas para a produção sustentável do concreto, atingindo as metas de redução da emissão de CO_2 . A primeira delas é a diminuição do consumo de concreto através de soluções arquitetônicas e estruturais mais duráveis. A segunda ferramenta é o menor consumo do cimento para a fabricação do concreto através da otimização dos tamanhos dos agregados e a alteração na especificação da resistência à compressão do concreto dos habituais 28 dias para os 56 dias. Por fim, a terceira das ferramentas é a substituição parcial do clínquer no cimento por materiais como cinza volante e escória de alto-forno.

Como forma de aplicar a terceira das ferramentas descrita acima, diversas pesquisas na área de engenharia de materiais concentram-se no desenvolvimento de compósitos cimentícios que possibilitam a substituição parcial do clínquer.

Ferreira e Rangel (2009) atribuem aos materiais nanoestruturados a capacidade de melhoria na qualidade de vida e na preservação do meio ambiente. De acordo com Gleize (2011), a adição de nanomateriais aos compósitos cimentícios permitirá a produção de concretos mais resistentes e mais duráveis, sendo que os nanotubos de carbono (NTC) são muito promissores.

Ainda segundo Ferreira e Rangel (2009), os nanotubos de carbono são constantemente pesquisados devido a sua capacidade de aplicação em diferentes áreas, tais como reforço de polímeros, estocagem de energia, eletrônica e catálise. No caso de materiais a base de cimento Portland, a sua aplicação altera as propriedades mecânicas dos mesmos, em especial a resistência à tração, além de melhorar a sua durabilidade e, com a diminuição do consumo do clínquer, torna-o mais sustentável reduzindo-se a emissão do gás CO₂.

Os nanotubos de carbono (NTC) são folhas de grafeno enroladas, na escala nano, com a cavidade interna oca (SHAH e TALI, 2016). Segundo Yu *et al.* (2000 *apud* PAULA, 2014) e Thostenson *et al.* (2001 *apud* PAULA, 2014) os NTC possuem propriedades mecânicas singulares, como alto módulo de elasticidade e resistências que superam as dos aços de alta resistência em três e dez vezes respectivamente.

Na tecnologia dos materiais cimentícios, o calor de hidratação é uma importante propriedade que caracteriza a sua pega e endurecimento. Portanto, o seu domínio é essencial para o sucesso da concretagem, pois, dependendo da temperatura ambiente e do volume de concreto, poderá ser favorável ou desfavorável (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Neste trabalho, serão analisados os perfis térmicos devido ao calor de hidratação de pastas fabricadas com cimento Portland contendo diferentes teores de NTC.

1.2 Justificativa

Os nanotubos de carbono utilizados neste trabalho foram sintetizados diretamente sobre o clínquer, num processo contínuo desenvolvido por Souza (2015), o que reduz significativamente o custo de produção, podendo viabilizar a sua aplicação em um cimento fabricado em larga escala (LADEIRA, 2017).

A aplicação de nanotubos de carbono em matrizes cimentícias é interessante para o desenvolvimento sustentável e para melhorias nas propriedades mecânicas do concreto. Porém, para possibilitar a sua utilização é necessário avaliar os impactos da inserção dos NTC sobre as propriedades do compósito. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), o calor de hidratação do cimento é uma importante propriedade que pode ser usada para caracterizar os comportamentos da pega e endurecimento dos cimentos.

O presente trabalho buscou avaliar a influência dos teores de clínquer com NTC no perfil térmico devido ao calor de hidratação das pastas de cimento Portland e determinar os tempos de início e fim de pega por meio da análise de Vicat e com base no perfil térmico obtido.

1.3 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o efeito da presença de NTC no processo de hidratação das pastas de cimento.

Os objetivos específicos englobam o monitoramento da temperatura em pastas fabricadas com cimento Portland de alta resistência inicial (CPV-ARI) e com cimento Portland de alto-forno resistente a sulfatos (CPIII-40 RS) com e sem clínquer nanoestruturado, utilizando uma câmara semi-adiabática desenvolvida para este fim. Um outro objetivo específico é o estudo da correlação dos tempos de início e fim de pega com os respectivos valores de calor acumulado a fim de verificar uma possível influência do emprego do nanomaterial.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente pesquisa encontra-se dividida em capítulos cujos assuntos são descritos a seguir.

No Capítulo 2, tem-se uma revisão bibliográfica sobre o calor de hidratação do cimento Portland. São apresentadas algumas metodologias de monitoramento da temperatura de pastas de cimento Portland, durante seu processo de hidratação, bem como, a tecnologia dos nanotubos de carbono e seu emprego em materiais cimentícios.

No Capítulo 3, encontra-se esquematizada em etapas a metodologia adotada para a execução de todo o trabalho experimental da presente pesquisa.

Os resultados obtidos são apresentados no Capítulo 4, além de uma análise comparativa com pesquisas similares apresentadas no Capítulo 2.

Por fim, as principais conclusões provenientes da discussão realizada no capítulo anterior são apresentadas no Capítulo 5, com algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Calor de Hidratação

A hidratação dos compostos de cimento é exotérmica, resultando em grandes elevações de temperatura durante um longo período de tempo (NEVILLE, 1997; TATRO, 2006).

O calor de hidratação gerado até um tempo ou idade específica é medido em calorias por unidade de massa de cimento (cal/g) ou quilo joules por quilograma (kJ/kg). Quando a quantidade deste calor e a capacidade calorífica da pasta, argamassa ou concreto são conhecidas, o aumento de temperatura resultante pode ser calculado, assumindo que não há perda de calor para os ambientes (TATRO, 2006).

O calor de hidratação do cimento é uma importante propriedade que pode ser usada para caracterizar os comportamentos da pega e endurecimento dos cimentos. Em concretagens realizadas no inverno, a temperatura ambiente pode ser insuficiente para que as reações do processo de hidratação ocorram. Nestes casos, o calor de hidratação pode ser favorável. Por outro lado, em estruturas de concreto massa como em barragens, o calor de hidratação é desfavorável por não conseguir se dissipar uniformemente podendo gerar fissuras por retração térmica. (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Cincotto (2011) descreve que cada tipo de cimento Portland apresenta velocidades específicas de hidratação. O CPV-ARI é caracterizado por ter um período de indução de 2 horas. Em 6 horas, tem-se o pico de fluxo de calor do período de aceleração. A formação da etringita ocorre no período entre 10 a 13 horas. No período entre 20 a 30 horas, há um ligeiro aumento no fluxo de calor devido à transformação da etringita em monossulfato hidratado ($C_4A\bar{S}H_{18}$).

Ainda segundo Cincotto (2011), os cimentos com escória de alto-forno, caso do CPIII-40 RS, apresentam comumente um perfil com dois picos de aceleração quase superpostos. O pico adicional se deve ao fato da escória possuir uma hidratação mais lenta.

2.2 Metodologias para Avaliar o Calor Gerado Durante o Processo de Hidratação

2.2.1 Fundamentação teórica

Monitorar a evolução das reações de hidratação é fundamental em tecnologia de materiais cimentícios. Dentre as diferentes técnicas para determinar o grau de hidratação de um cimento, tem-se a determinação da variação do calor de hidratação em função do tempo e temperatura máxima atingida (CINCOTTO, 2011).

Alguns estudos sobre o calor de hidratação vêm sendo desenvolvidos sem o auxílio de um calorímetro; no seu lugar, as temperaturas são registradas, simplificadaamente, por meio de termopares acoplados às amostras, que por sua vez, são acondicionadas em uma câmara semi-adiabática. Dweck *et al.* (2003) denominou este método como “*Non Conventional Differential Thermal Analysis – NCDTA*” que será analisado de forma mais detalhada na subseção 2.2.2.

A norma ASTM C1753 (2015) estabelece condições de análise e controle do calor de hidratação de materiais cimentícios sem utilizar um calorímetro. Neste caso, o calor de hidratação é uma variável não determinada na realização dos ensaios. Os gráficos de saída representam apenas a diferença entre a temperatura da amostra cimentícia e a amostra inerte em função do tempo de hidratação.

Por sua vez, a norma ASTM C1679 (2014) regulamenta todo um processo de calorimetria, ou seja, diferente da ASTM C1753 (2015), faz uso de um calorímetro isotérmico. Tal ensaio estabelece condições de monitorar o calor de hidratação do

material cimentício ao longo do tempo. Os gráficos de saída representam a diferença entre o fluxo de calor da amostra e da amostra inerte ao longo do ensaio.

Ambas as normas referidas acima definem e estabelecem a existência de uma amostra inerte na realização dos ensaios. As mesmas definem que a amostra inerte deve ser composta por um material não reativo de mesma massa da amostra ensaiada.

A amostra inerte é de suma importância uma vez que tende a contabilizar os efeitos das variações de temperatura do ambiente no qual ocorre o ensaio, bem como, possíveis influências de uma amostra na outra. O fluxo de calor bem como a variação da temperatura da amostra cimentícia são determinados através da diferença da temperatura da amostra e da temperatura da amostra inerte em cada instante de tempo (ASTM C1753, 2015; ASTM C1679, 2014).

A Figura 2.1 mostra o exemplo de um gráfico do ensaio NCDTA normatizado segundo a norma ASTM C1753 (2015), no qual são identificados os diferentes períodos do processo de hidratação de uma pasta de cimento Portland. No eixo das ordenadas tem-se a diferença das temperatura da pasta e da amostra inerte. De acordo com a norma ASTM C1753 (2015), o ponto A mostra o aumento inicial de temperatura relacionado à dissolução do cimento e hidratação inicial, principalmente de aluminatos de cálcio. O ponto B corresponde à redução de temperatura relacionada com o período de dormência, indicando uma hidratação lenta e bem controlada. A região C, com temperatura máxima em D, é a mais importante para as pesquisas em materiais cimentícios uma vez que, nesta faixa de tempo, ocorrem as reações de hidratação, com o estabelecimento de pega e o desenvolvimento da resistência inicial. A forma da região C é afetada não somente pelas reações de hidratação mas também pelo nível de isolamento térmico ao qual a amostra está submetida.

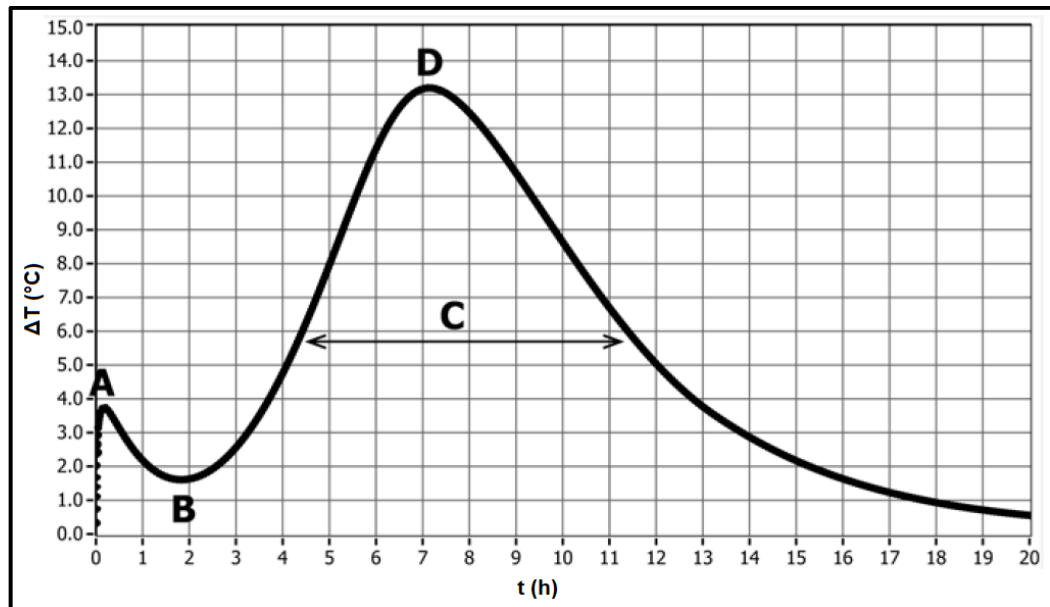


Figura 2.1 – Exemplo de perfil térmico de uma pasta de cimento Portland- NCDTA.
Fonte: adaptado da norma ASTM C1753 (2015)

A Figura 2.2 mostra o exemplo de um gráfico do ensaio calorimétrico normatizado pela norma ASTM C1679 (2014). O eixo das ordenadas representa a taxa de energia térmica da amostra de cimento Portland. A curva isotérmica gerada fornece um indicativo da taxa de hidratação do cimento ao longo do tempo a uma dada temperatura. De acordo com a norma ASTM C1679(2014), o ponto A mostra a taxa inicial de fluxo de calor (energia térmica), momento em que ocorrem a dissolução e a hidratação inicial do cimento. O ponto B é o período de dormência associado com uma energia térmica muito baixa, indicando uma hidratação lenta e bem controlada. A região C, com máximo em D, é o pico principal associado principalmente com reações de hidratação que contribuem com o estabelecimento de pega e o desenvolvimento da resistência inicial. O ponto E, depleção do sulfato, representa o início da hidratação do aluminato de cálcio com atividade acelerada em F, que pode ocorrer após o pico principal para um cimento Portland sem aditivos e sem materiais cimentícios suplementares.

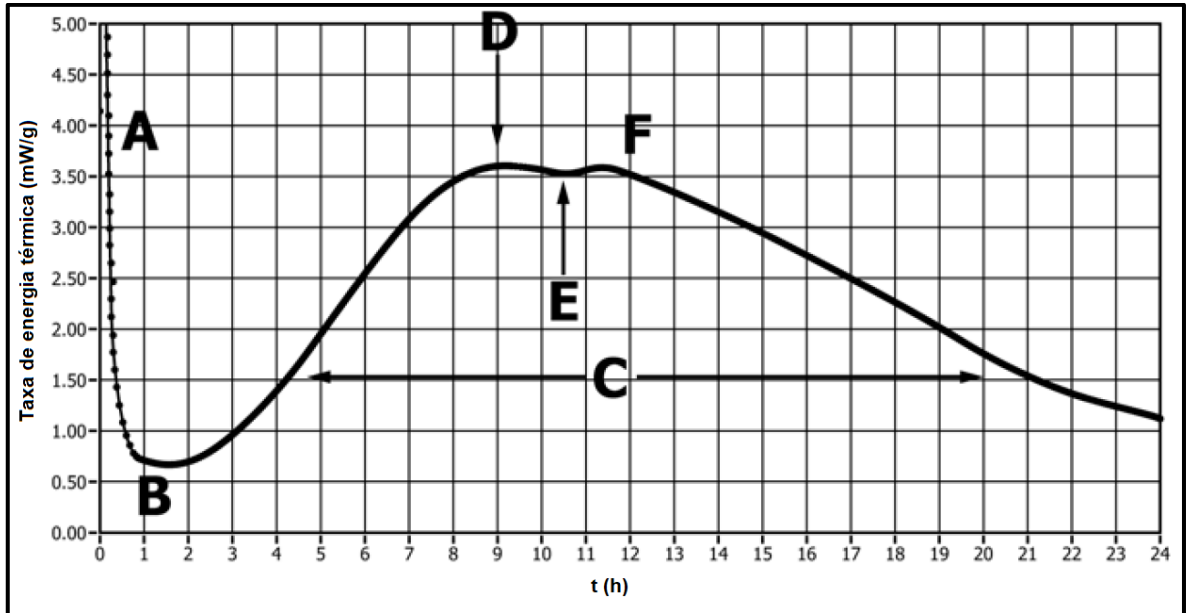


Figura 2.2 – Exemplo de uma curva de energia térmica de uma pasta de cimento Portland.

Fonte: adaptado da norma ASTM C1679 (2014)

Na falta de um calorímetro isotérmico, através da medição da massa de cada material constituinte da amostra, bem como o calor específico de cada um, é possível quantificar a energia total liberada em J/g de material cimentício. Para isto, basta obter a integral de cada perfil térmico e multiplicar o valor encontrado pela massa e pelo calor específico de cada material componente da pasta de cimento.

A quantidade de calor absorvida ou liberada por um corpo quando sua temperatura varia pode ser calculada pela Equação 2.1 (HALLIDAY, RESNICK & WALKER, 2012):

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2.1)$$

Onde,

m = massa do material, em g;

c = calor específico do material, em J/(g.°C);

Q = calor, em J.

Derivando a Equação 2.1, em relação ao tempo, obtém-se a Equação 2.2.

$$\frac{dQ}{dt} = m \cdot c \cdot \frac{d\Delta T}{dt} \quad (2.2)$$

Onde,

$\frac{dQ}{dt}$ = taxa de energia térmica (em W ou J/s);

$\frac{d\Delta T}{dt}$ = taxa de variação da temperatura (em °C/s);

A norma ASTM C1679 (2014) apresenta o conceito de massa térmica de um dado material que é o produto da sua massa pelo seu calor específico. Segundo a norma, os seguintes valores de calor específico podem ser utilizados: (0,75 e 4,18) J/(g.°C), respectivamente do cimento Portland anidro e da água. Sendo assim, uma pasta de cimento com A gramas de cimento e B gramas de água possui uma massa térmica de: (0,75·A + 4,18·B) J/(g.°C).

2.2.2 Estudos anteriores encontrados na literatura empregando a “non-conventional differential thermal analysis – NCDTA”

O levantamento bibliográfico realizado nesta subseção foi focado em estudos de monitoramento térmico de pastas de cimento Portland durante seu processo de

hidratação. Sendo assim, a metodologia deste trabalho pôde ser aprimorada e constantemente criticada, por ter todo o embasamento teórico das normas já citadas bem como pela referência de estudos anteriores similares.

Conforme já dito, o presente trabalho desenvolveu uma câmara de isolamento térmico e fez uso da “*non-conventional differential thermal analysis – NCDTA*” (Dweck *et al.* 2003). De acordo com os referidos autores, a técnica de medição por NCDTA registra a diferença entre a temperatura da amostra (T_a) e a temperatura de referência (T_r) que estão em condições semi-adiabáticas em relação ao ambiente externo de ensaio.

Pinto *et al.* (2005) utilizaram a técnica NCDTA com o mesmo aparato de medição desenvolvido por Dweck *et al.*(2003). A Figura 2.3 ilustra todo o sistema da NCDTA.

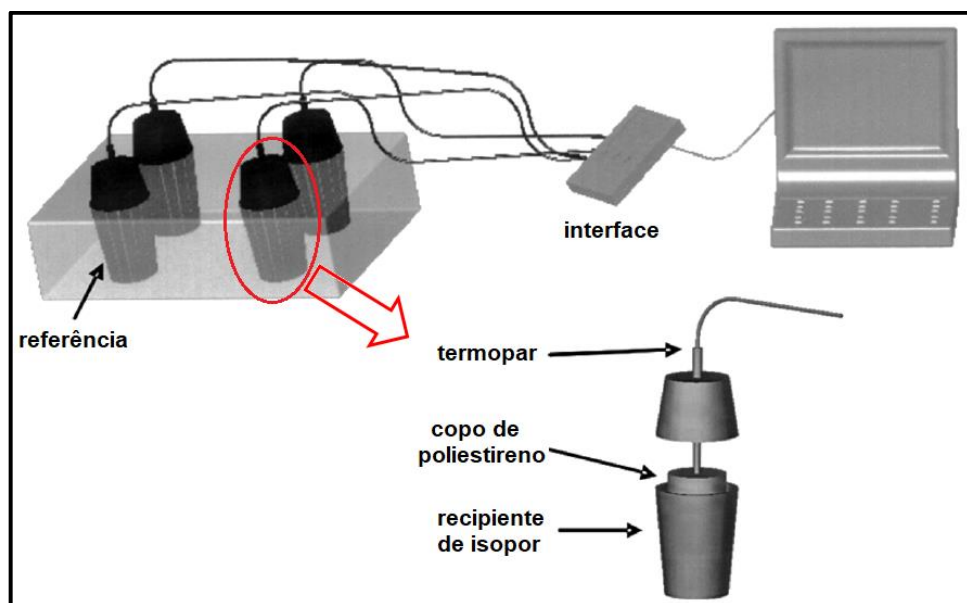


Figura 2.3 – Técnica de NCDTA.
Fonte: adaptado de Pinto *et al.* (2005)

Pinto *et al.* (2005) avaliaram um processo de solidificação de resíduos sólidos provenientes de águas pluviais. Para isto, utilizaram a técnica NCDTA com pastas de cimento Portland. Os materiais utilizados foram cimento Portland tipo I (PC) contendo tal resíduo pluvial (R) de diferentes frações granulométricas: totais (TR), fração grossa (CR) e fração fina (FR). Além disso utilizaram duas adições, sempre

no teor de 10% em relação à massa dos resíduos: bentonita de sódio (SB) e cal (L) que contem 94,1% de óxido de cálcio (CaO). Os materiais utilizados foram previamente pesados e colocados junto ao sistema de medição 24 h antes do início do ensaio para que todas as amostras tivessem mesma temperatura inicial. Em toda a análise NCDTA foi utilizada uma pasta de referência(inerte) com $a/c=0,5$ e com mais de 90 dias de hidratação. Foram preparadas pastas com as composições PC20R,PC20LR,PC20SBR, PC20LSBR,PC30R,PC30LR,PC30SBR, PC30LSBR, onde os números 20 e 30 indicam respectivamente os teores de 20% e 30% de PC em relação à massa dos resíduos. A quantidade de água em relação à massa de resíduo (a/R) variou de acordo com a granulometria utilizada na pasta. Sendo $a/FR = 0,5$, $a/CR=0,3$ e $a/TR= 0,2$. Os autores verificaram esta necessidade devido a variação da trabalhabilidade da pasta nos diferentes casos. A Figura 2.4 mostra curvas NCDTA de pastas de controle sem resíduos sólidos (R) para avaliar o efeito apenas da L (cal) e da SB (bentonita de sódio) separadamente e depois juntas. Foi adotado $a/c=0,5$ e teor de 10% em relação à massa de cimento tanto para L quanto para SB.

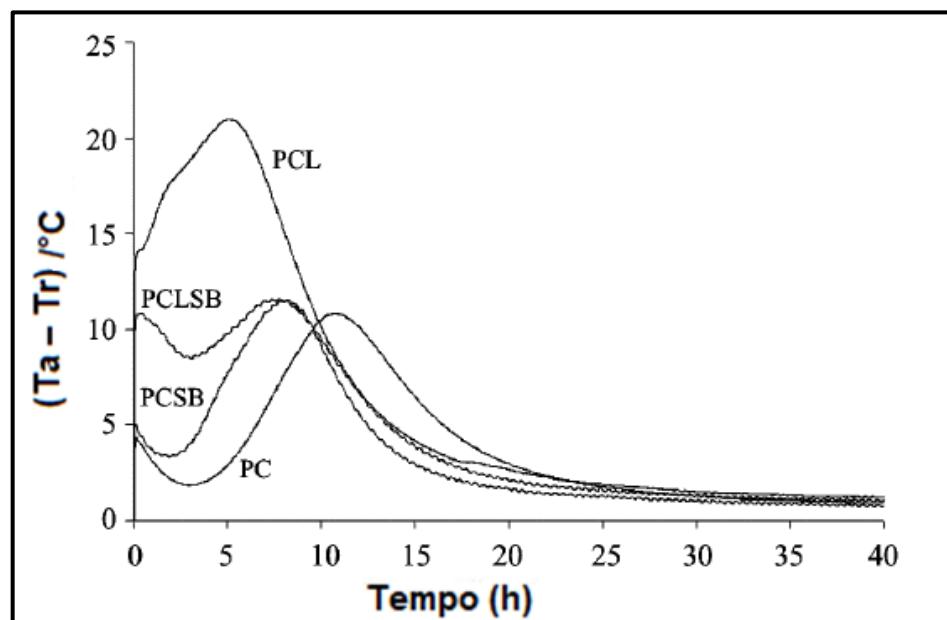


Figura 2.4 – Curvas NCDTA de pastas de controle
Fonte: adaptado de Pinto *et al.* (2005)

Os resultados apresentados na Figura 2.4 indicam o efeito acelerador da cal no processo de hidratação visto que o tempo do pico principal da pasta de cimento

Portland contendo apenas cal (PCL) caiu praticamente para a metade quando comparado com a pasta de cimento Portland sem aditivos (PC). Além disso a variação de temperatura da pasta PCL foi o dobro da pasta PC. Pelo gráfico observa-se que no instante inicial a diferença de temperatura da amostra PCL já era mais que dobro da PC e que praticamente não houve período de dormência. Por sua vez, analisando a pasta contendo apenas bentonita de sódio (PCSB) também foi observado um decréscimo do tempo de pico e do período de dormência. Entretanto, houve pouca alteração na variação da temperatura da amostra comparativamente à pasta PC. Neste caso, ambas as pastas apresentaram praticamente a mesma variação de temperatura no instante inicial e o período de dormência menor. Finalmente, a pasta PCLSB que contém tanto cal quanto bentonita de sódio foi fabricada com o objetivo de estudar o efeito combinado das duas adições. No instante inicial, a variação de temperatura da pasta PCLSB já correspondia à variação de temperatura de pico da pasta PC, seguida de igual período de dormência atingindo rapidamente o pico desenvolvido pela pasta PCSB. A aplicação da técnica NCDTA permitiu aos autores a análise das diferenças de comportamento observadas quando do emprego dos diversos materiais.

Um método interessante foi descrito por Pinto *et. al.* (2005). Eles integraram cada curva NCDTA e multiplicaram pela razão entre a massa total da pasta e sua massa de cimento. O intuito foi estimar o calor total liberado devido a hidratação do cimento ao longo do tempo. Segundo os autores, para um mesmo calor total gerado, quanto maior a massa inerte em relação a massa total, menor será o valor instantâneo ($T_a - T_r$). Os autores analisaram primeiramente apenas as pastas de controle nomenclatura dada por eles para as pastas sem resíduos pluviais e apenas com os aditivos L e SB, apresentadas na Figura 2.5.

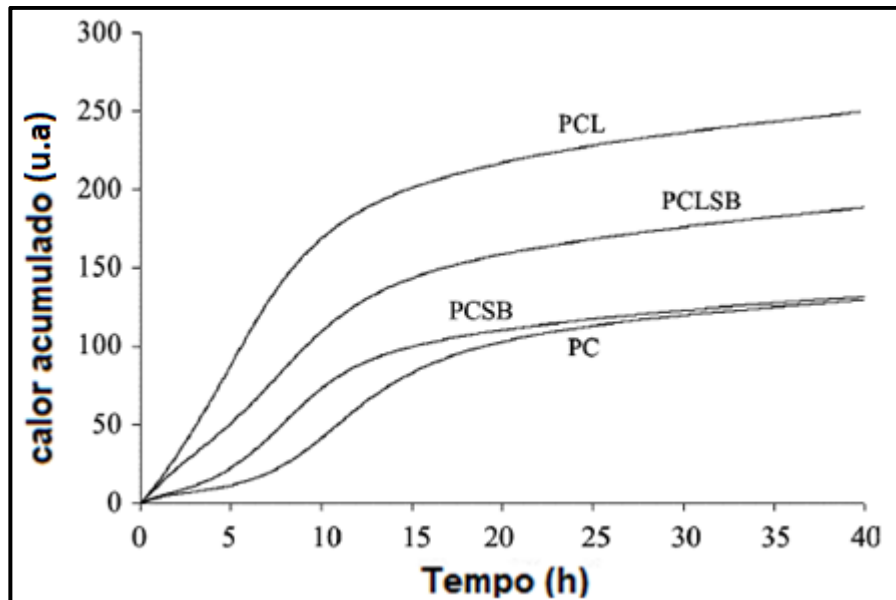


Figura 2.5 – Avaliação do calor acumulado em relação à massa de cimento - pastas de controle

Fonte: adaptado de Pinto *et al.* (2005)

Fazendo a mesma análise de calor acumulado para as pastas contendo o resíduo pluvial R, Pinto *et al.* (2005) concluíram que durante os estágios de hidratação do cimento Portland contendo o resíduo R, pastas contendo FR tiveram um maior atraso nas reações de hidratação em comparação às pastas com CR, sendo que foi verificado que ambas as frações contém componentes reativos durante o processo de hidratação. Além disso, constataram que em pastas com SB, quanto maior o teor de PC nas pastas, menor a reatividade dos R. Verificaram também que a presença de L, que possui hidratação altamente exotérmica, acelera tanto as reações do PC quanto as reações do R. Por fim, o efeito da SB nas pastas contendo L é semelhante ao que ocorre quando a L não é adicionada, exceto nas pastas com TR. Este foi mais um estudo que fez uso da técnica NCDTA para a verificação do efeito dos diversos materiais nas pastas de cimento.

Cherem da Cunha *et al.* (2008) avaliaram o efeito da atividade pozolânica do metacaulim em pastas de cimento Portland. Para tal, os autores fizeram a análise térmica NCDTA em pastas de cimento Portland composto com Fíler (CPII-F-32) ao longo dos primeiros três dias de hidratação, utilizando o mesmo aparato utilizado por Dweck *et al.* (2003) ilustrado na Figura 2.3. O fator água/materiais cimentícios

adotado foi de 0,50 e os teores de metacaulim em relação à massa de cimento foram iguais a 0%, 10%, 20%, 30% e 40%.

Ainda em relação ao trabalho de Cherem da Cunha *et al.* (2008), é importante ressaltar o cuidado que os autores tiveram ao interpretarem as curvas NCDTA. Os valores do calor específico do metacaulim e do cimento CII-F-32 foram avaliados pela técnica de “*differential scanning calorimetry- DSC*”. Esse estudo do calor específico mostrou que o valor encontrado para o metacaulim foi praticamente o dobro dos demais, conforme pode ser visto na Figura 2.6. Sendo assim, consideraram prudente fazer uma normalização das curvas NCDTA em relação à massa de cimento e levando em conta os valores de calor específico de cada material. Além disso, consideraram os valores de calor específico como uma função linear da temperatura no intervalo de (10-60) °C para cada um dos três insumos. Já para a água, foi adotado o valor constante de 4,18 J/g °C.

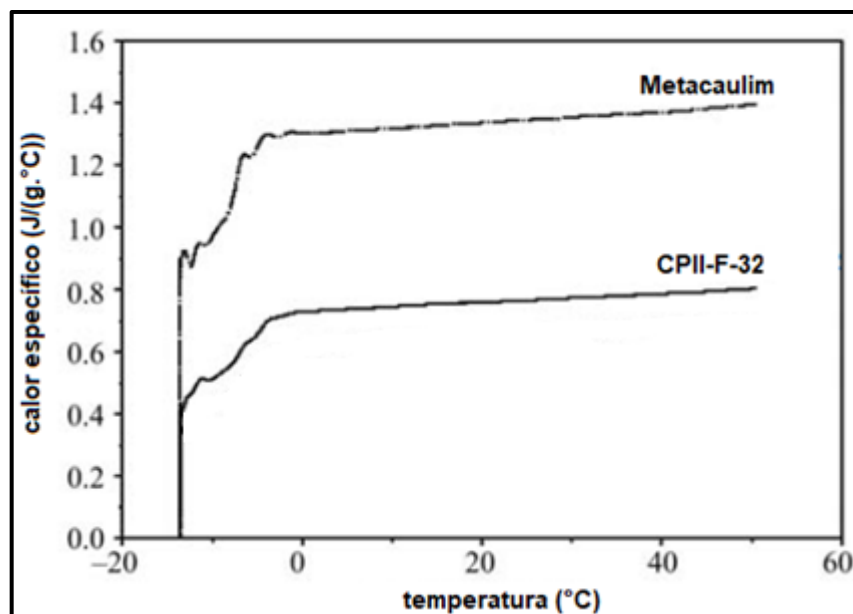


Figura 2.6 – Calor específico dos insumos
Fonte: adaptado de Cherem da Cunha *et al.* (2008)

A Figura 2.7 compara as pastas com teores de 0% e 10% de metacaulim, curvas 1 e 2, respectivamente. Essas curvas são similares à da Figura 2.1 o que é bastante plausível visto que o procedimento adotado por Cherem *et al.* (2008) é semelhante ao preconizado pela norma ASTM C1753 (2015).

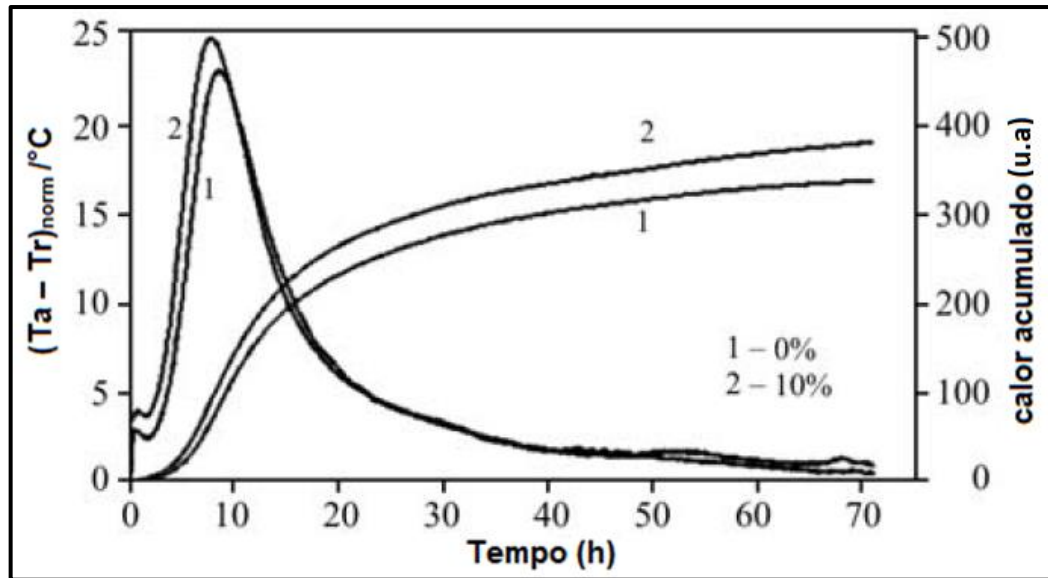


Figura 2.7 – Curvas NCDTA normalizadas – pastas de CII-F-32 (teores de 0% e 10% de metacaulim)
 Fonte: adaptado de Cherem da Cunha *et al.* (2008)

O primeiro pico de cada curva, que ocorre durante as primeiras 4 h, é característico das reações de hidratação do aluminato tricálcico (C_3A) e o segundo pico principal, que aparece após 5 h de hidratação, é característico das reações de hidratação do silicato tricálcico (C_3S). Durante as primeiras horas, a presença de metacaulim, em substituição parcial ao cimento, aumenta as reações de hidratação de aluminato de cálcio, evidenciadas pelos picos mais altos e pela energia acumulada gerada nesse período. As reações de hidratação do C_3S também são reforçadas pela substituição parcial de cimento por metacaulim (CHEREM DA CUNHA *et al.*, 2008).

Por sua vez, a Figura 2.8 compara as curvas das pastas com teores de 20%, 30% e 40% de metacaulim, respectivamente curvas 1, 2 e 3.

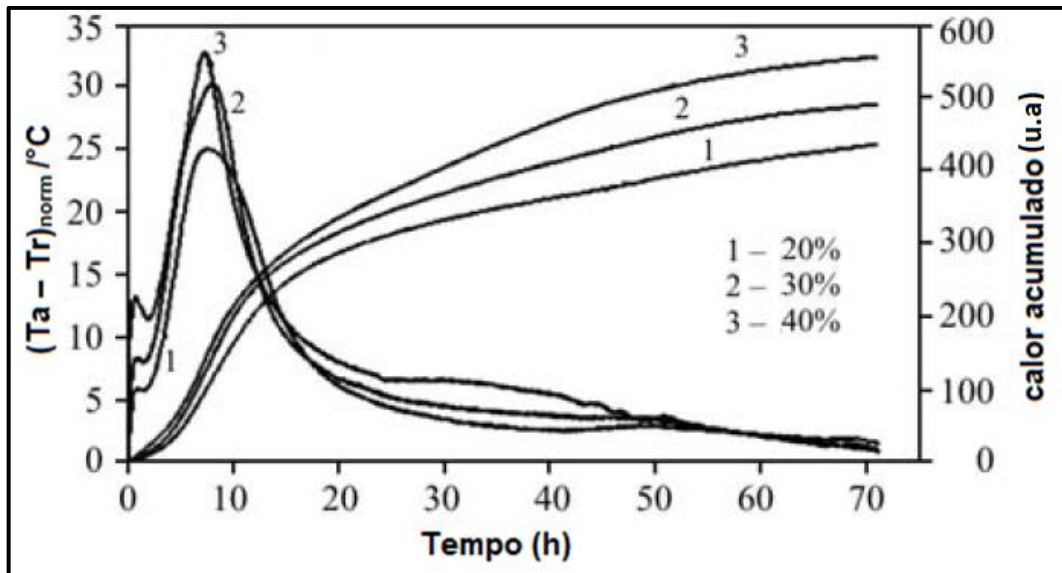


Figura 2.8 – Curvas NCDTA normalizadas – pastas de CII-F-32 (teores de 20%,30% e 40% de metacaulim)
 Fonte: adaptado de Cherem da Cunha *et al.* (2008)

O calor acumulado durante as primeiras 72 h de hidratação evidencia a atividade pozolânica do metacaulim durante os primeiros estágios de hidratação das pastas. A pasta com teor de 10% de metacaulim promoveu um aumento de quase 12% da energia total gerada quando comparado à pasta sem metacaulim. Segundo os autores, foi constatado que tal aumento de calor gerado é proporcional ao grau de substituição em relação à massa de cimento, atingindo quase 60% do calor total da pasta de controle quando o teor de metacaulim é de 40%. Mais uma vez, a técnica NCDTA mostrou-se capaz de identificar as diferenças relatadas acima.

Melchert *et al.* (2011) avaliaram um processo de solidificação de dois resíduos (RNI e RAI) da produção de polióis, considerados perigosos devido a sua alta concentração de níquel e alumínio. Os resíduos sólidos provenientes de águas pluviais. Para isto, também utilizaram a técnica NCDTA, já referida em outros estudos, com pastas de cimento Portland tipo II contendo os resíduos citados. Neste estudo foi utilizada como amostra inerte uma pasta de CII-F-32 com fator a/c igual a 0,5 e com 28 dias de hidratação. A pasta de controle também foi produzida com a/c igual a 0,5. De acordo com os autores, foi adotado para cada resíduo o teor máximo de 30% em relação a massa de cimento devido a testes de

trabalhabilidade previamente realizados. As Figuras 2.9 a 2.11 ilustram os resultados obtidos neste estudo.

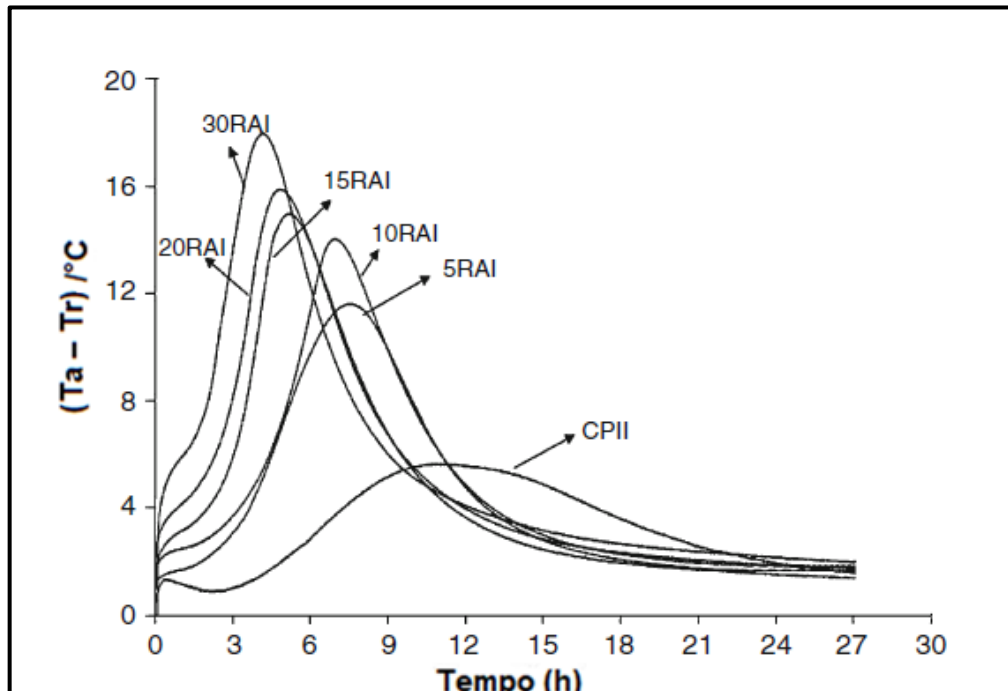


Figura 2.9 – Curvas NCDTA de pastas somente com o RAI
Fonte: adaptado de Melchert *et al.* (2011)

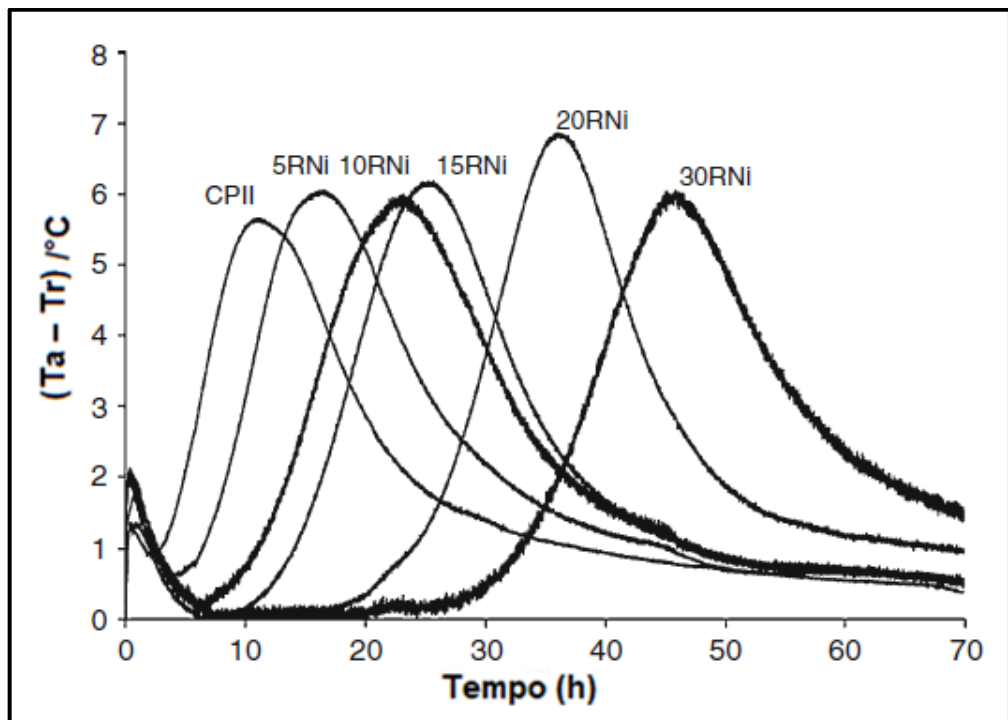


Figura 2.10 – Curvas NCDTA de pastas somente com o RNi
Fonte: adaptado de Melchert *et al.* (2011)

Melchert *et. al.* (2011) verificaram que nos estágios iniciais da hidratação das pastas houve um retardo devido à presença do resíduo RNi enquanto que nas pastas com RAI a hidratação foi acelerada, ambos com efeitos térmicos consideráveis. Segundo os autores, os efeitos de aceleração e retardo foram percebidos pelo período de indução nas curvas bem como através do tempo de ocorrência do segundo pico da curva NCDTA. A Figura 2.9 mostra curvas com RAI praticamente sem período de indução enquanto que a Figura 2.10 mostra curvas com RNi com longo período de indução. Além disso, concluíram também que nas pastas contendo ambos os resíduos o efeito resultante intermediário permitindo melhores condições no processo de estabilização destes resíduos quando comparadas às pastas contendo somente um dos resíduos.

Outra análise importante feita por Melchert *et. al.* (2011) foi avaliar a influência do teor dos resíduos na duração do 2º pico principal das curvas NCDTA, devido a hidratação do C_3S . A Figura 2.11 mostra as curvas resultantes que segundo os autores auxilia na escolha de uma combinação otimizada dos dois resíduos no sentido de melhorias no processo de solidificação/estabilização proposto no estudo. Também nesse estudo a técnica NCDTA mostrou-se capaz de identificar as diferenças relatadas acima.

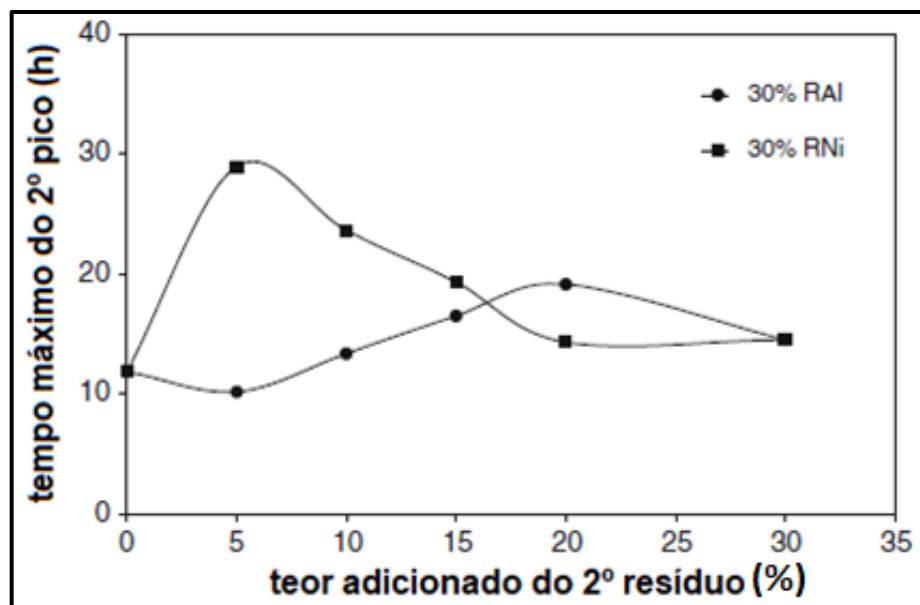


Figura 2.11 – Influência do teor dos resíduos no tempo de ocorrência do 2º pico

Fonte: adaptado de Melchert *et al.* (2011)

Neves Junior *et. al.* (2015) compararam pastas de cimento Portland de alta resistência inicial e resistente a sulfato (HIS SR PC) com as de cimento Portland tipo II F (PCII) durante as primeiras 24 h de hidratação. Para isto, utilizaram a técnica NCDTA. As pastas foram preparadas com fatores a/c iguais a 0,5, 0,6 e 0,66. Além disso, também avaliaram curvas de energia acumulada ao longo das 24 h de hidratação. Segundo os autores, estas duas técnicas permitem analisar a influência do fator a/c e de cada tipo de cimento nos estágios iniciais do processo de hidratação através da diferença de temperatura devido ao calor de hidratação. Os autores também fizeram uso da análise termogravimétrica bem como sua derivada como forma de quantificar os produtos de hidratação.

A análise da Figura 2.12 revela que até 4 h de hidratação todas as pastas de PCII apresentaram maiores diferenças de temperatura do que as pastas de PC HIS SR. Entre 4 h e 12 h, todas as pastas apresentam maiores diferenças de temperatura. Por ser de alta resistência inicial, as pastas de PC HIS SR atingem maior resistência e porosidade mais baixa do que as pastas de PCII o que explica a maior e mais rápida variação de temperatura. Por isso que a partir de 14 h, as pastas com PCII apresentam a variação de temperatura superior as do cimento de alta resistência inicial (NEVES JUNIOR *et al.*, 2015).

A Figura 2.13 indica que até 4 h de hidratação as pastas de PCII apresentam maior energia acumulada o que condiz com os resultados da análise termogravimétrica que mostraram maior quantidade de produtos de hidratação. Com 24 h de hidratação, devido ao maior efeito exotérmico das pastas de PC HIS SR durante a etapa de aceleração, mostrada na análise NCDTA e nos resultados acumulados de energia desenvolvidos a 24h de hidratação, explica a maior quantidade de produtos de hidratação conforme resultados da termogravimetria.

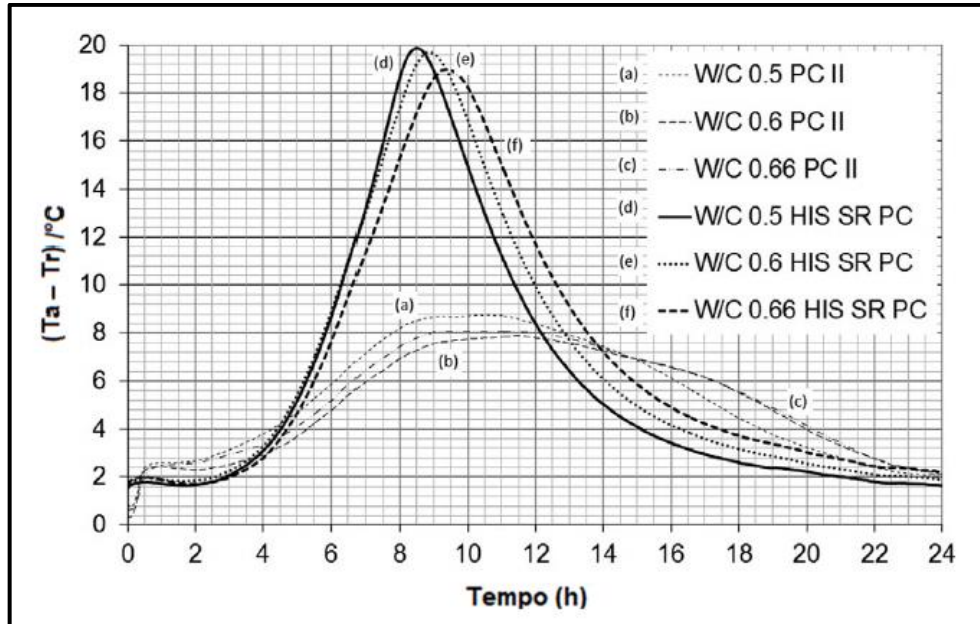


Figura 2.12 – Curvas NCDTA nas primeiras 24 h de hidratação
 Fonte: adaptado de Neves Junior *et al.* (2015)

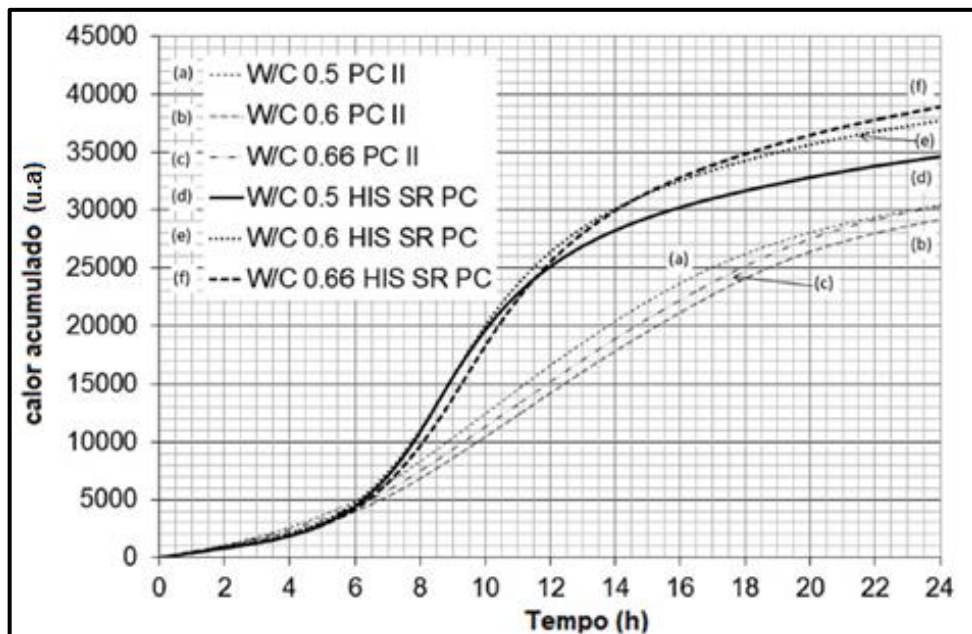


Figura 2.13 – Energia acumulada nas primeiras 24 h de hidratação
 Fonte: adaptado de Neves Junior *et al.* (2015)

2.3 Início e Fim do Tempo de Pega - Análise de Vicat

Mehta e Monteiro (2014) dizem que, na prática das obras em concreto, é indicado conhecer as diferentes manifestações do processo de hidratação dos compostos de cimento Portland: enrijecimento, pega e endurecimento. O enrijecimento é um aspecto físico que indica a perda de consistência da pasta plástica de cimento. A perda de água livre faz com que a pasta enrijeça e posteriormente atinja a pega e o endurecimento. A pega é um termo que diz respeito à solidificação da pasta de cimento. Tal processo de solidificação dura um determinado tempo, conhecido como tempo de pega que nada mais é que o intervalo de tempo entre o início e fim de pega. O endurecimento é o fenômeno de ganho de resistência com o tempo. Ao final da pega, a pasta de cimento Portland tem baixa resistência porque representa apenas o início da hidratação do C_3S . A hidratação do C_3S continua rapidamente por várias semanas, com um progressivo preenchimento dos espaços vazios na pasta pelos produtos de reação, o que resulta em redução da porosidade e da permeabilidade bem como em aumento da resistência.

Ainda segundo Mehta e Monteiro (2014), a maneira de quantificar o início e fim de pega é através da Análise de Vicat. O início de pega corresponde à penetração da agulha de 5 a 7 mm do fundo de uma pasta. Por sua vez, entende-se como fim de pega o momento em que a agulha faz uma impressão na superfície da pasta, porém não a penetra.

Quanto ao tempo de início de pega, a norma NBR NM 65 (2003) define:

É, em condições de ensaio normalizadas, o intervalo de tempo transcorrido desde a adição de água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat correspondente penetra na pasta até uma distância de (4 ± 1) mm da placa base.

Por sua vez, a referida norma define o tempo de fim de pega:

É, em condições de ensaio normalizadas, o intervalo de tempo transcorrido desde a adição de água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat penetra 0,5 mm na pasta.

Neves Junior *et al.* (2013) avaliaram pastas de cimento Portland de alta resistência inicial nas primeiras 24 h de hidratação através da técnica NCDTA e análise de Vicat. As pastas foram produzidas com diferentes fatores a/c variando de 0,35 a 0,85 como forma de avaliar as condições de operação que maximizam a produção de hidróxido de cálcio. Os autores também fizeram análise termogravimétrica para comparar com as curvas NCDTA e a análise de Vicat. A Figura 2.14 mostras as curvas NCDTA enquanto que a Figura 2.15 apresenta as curvas de calor acumulado.

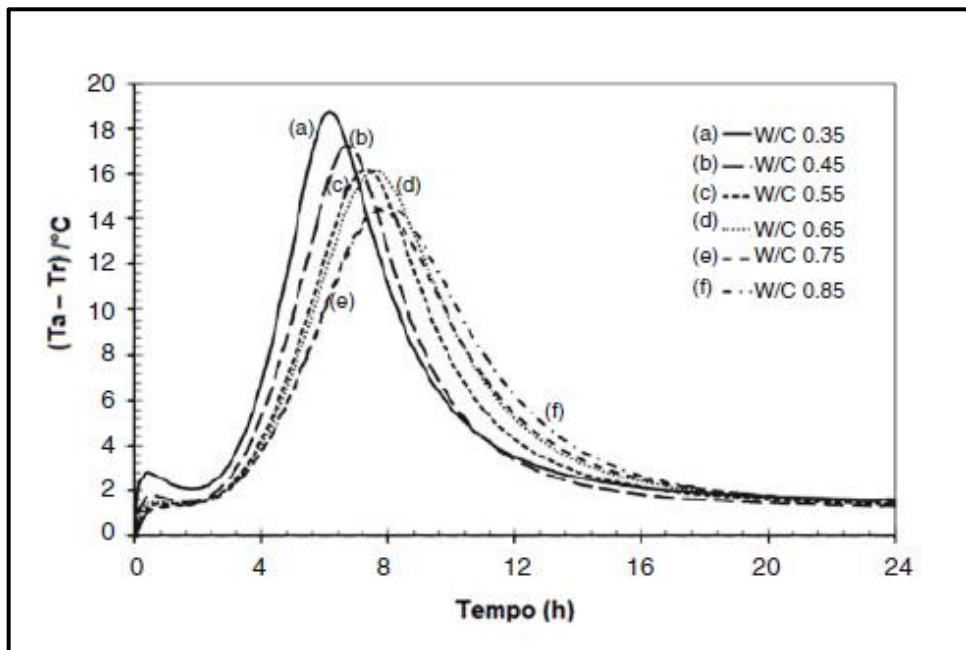


Figura 2.14 – Curvas NCDTA de pastas de CPV-ARI
Fonte: adaptado de Neves Junior *et al.* (2015)

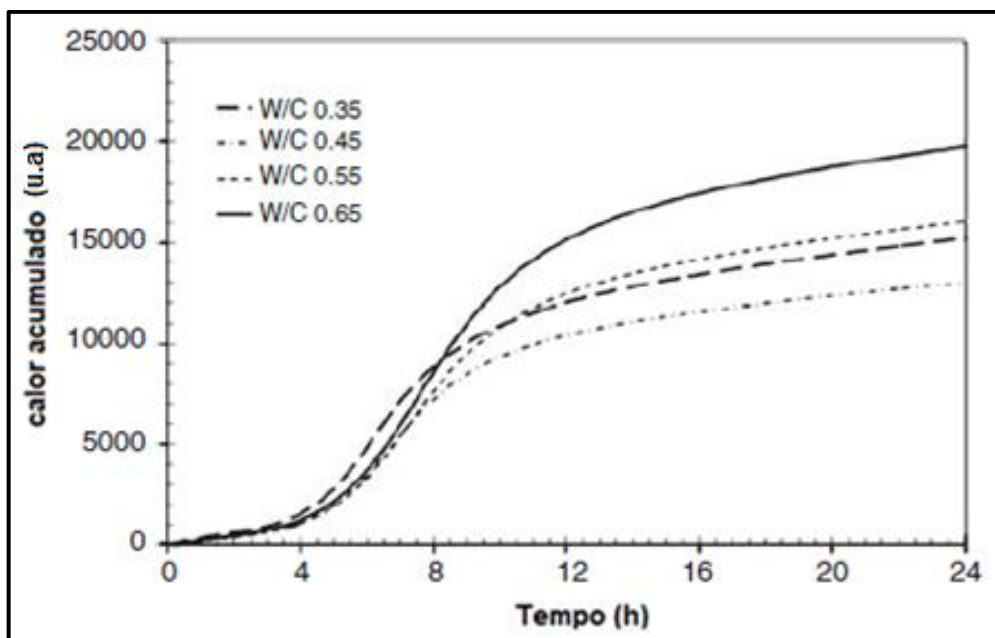


Figura 2.15 – Energia acumulada nas primeiras 24 h de hidratação-pastas de CPV-ARI
 Fonte: adaptado de Neves Junior *et al.* (2013)

De acordo com a Figura 2.14, Neves Junior *et al.* (2013) concluíram que durante as primeiras 2 h, correspondentes à formação inicial de etringita, o caso com maior formação desta fase foi para a pasta com fator a/c igual a 0,35. Também no caso deste fator a/c, entre 2 h e 7 h, houve o maior pico indicando a maior formação inicial de tobermorita e hidróxido de cálcio. Estes resultados corroboram os resultados da primeira parte do estudo realizado por estes autores em Neves Junior *et al.* (2012 *apud* Neves Junior *et al.*, 2013).

Neves Junior *et al.* (2013) representaram os tempos de início (I) e fim (F) de pega obtidos pela análise de Vicat nas curvas NCDTA para cada fator a/c. A Figura 2.16 mostra estes pontos indicados na curva NCDTA da pasta com fator a/c igual a 0,35, ambos na parte ascendente da curva.

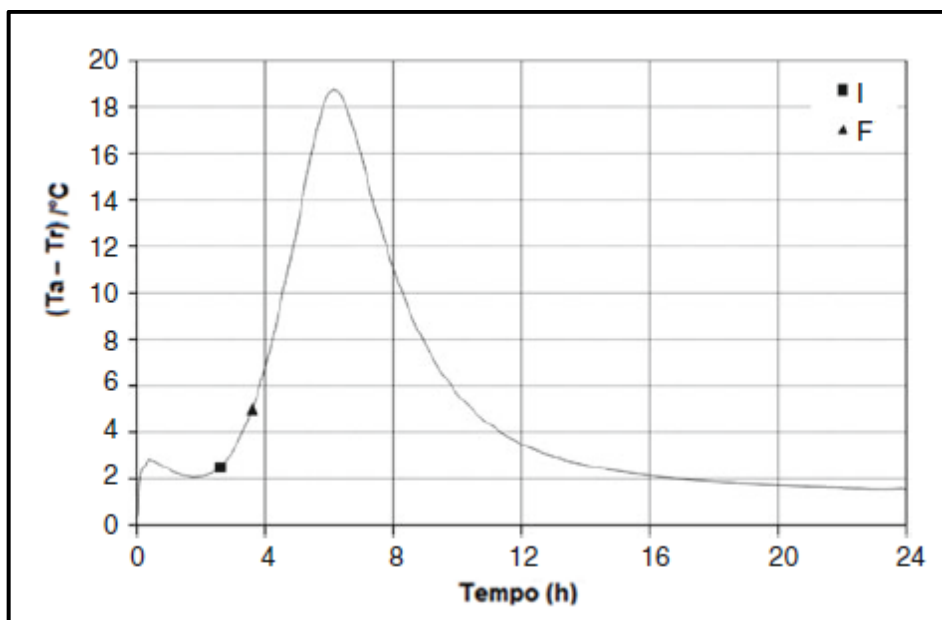


Figura 2.16 – Tempos de pega determinados por Vicat indicados na curva NCDTA -pasta $a/c=0,35$

Fonte: adaptado de Neves Junior *et al.* (2013)

Ao analisar todos os casos de fator a/c , Neves Junior *et al.* (2013) verificaram que para o fator a/c de 0,35 a 0,65 a diferença entre os tempos de pega é praticamente a mesma tendo maior valor nos casos de 0,75 e 0,85. Os autores notaram que quanto maior o fator a/c , maior será a duração do processo de solidificação das pastas, independente da influência deste fator na quantidade de produtos de hidratação (se aumenta ou não).

Hu *et al.* (2014) avaliaram o efeito tanto da finura do cimento quanto do fator a/c no calor de hidratação e nos tempos de pega de argamassas. O estudo foi feito com argamassas contendo cimento Portland com três finuras distintas e preparadas em quatro diferentes fatores a/c . O procedimento experimental contou com um calorímetro isotérmico de condução. Analisando o calor de hidratação os resultados mostraram que quanto maior a finura do cimento maior foi o calor de hidratação gerado pelas argamassas e a hidratação foi acelerada nas primeiras idades. Por sua vez, o menor fator a/c resultou em uma maior taxa de calor nas primeiras horas, reduzindo com o tempo. A taxa de calor máxima foi menor no caso de maior fator a/c . Porém, o calor total gerado nas primeiras 24 h foram praticamente iguais em todos os casos, não dependendo da variação do fator a/c .

A técnica de análise utilizada por Hu *et al.*(2014) como forma de avaliar o calor de hidratação foi determinar valores de áreas abaixo das curvas obtidas do calorímetro isotérmico. Segundo os autores, na análise quantitativa do calor, a primeira hora de hidratação foi desprezada por ser uma faixa instável, o que pode ser visto na Figura 2.17.

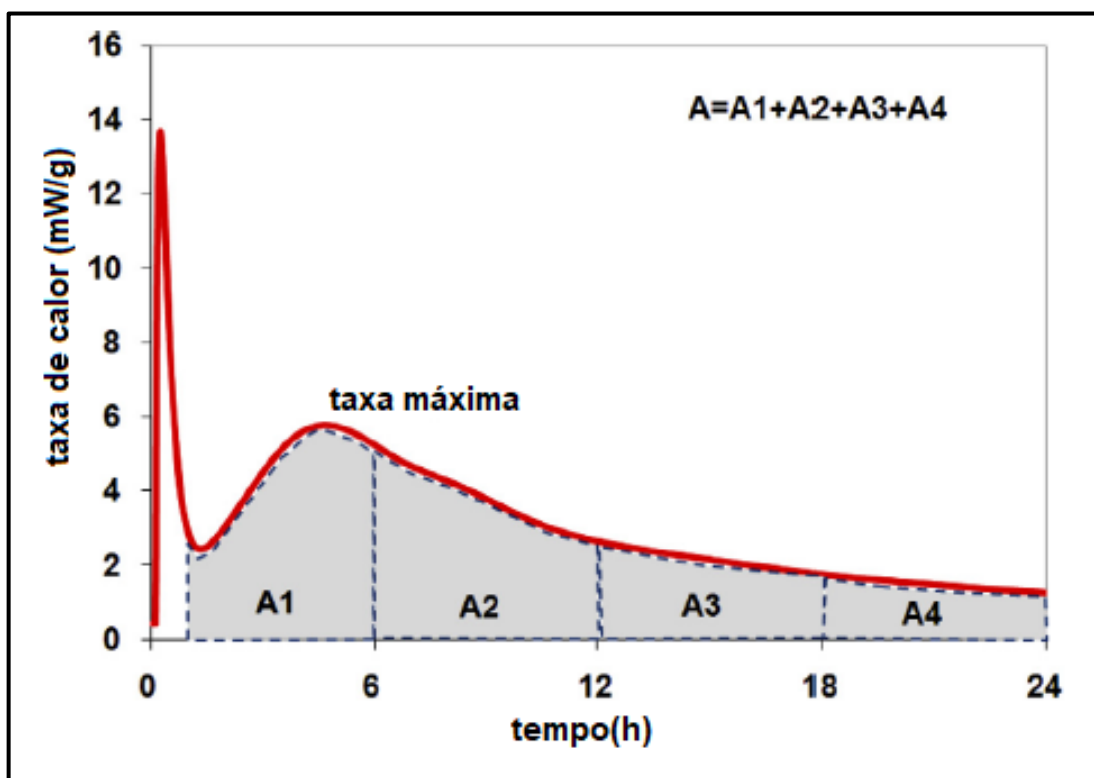


Figura 2.17 – Curva típica de taxa de calor de hidratação com áreas indexadas
Fonte: adaptado de Hu *et al.* (2014)

Além disso, Hu *et al.*(2014) determinaram os tempos de início e fim de pega a partir das curvas obtidas do calorímetro isotérmico. Para tal, deve-se obter a curva da derivada primeira em relação ao tempo da taxa de calor, conforme ilustrado na Figura 2.18. O tempo de início de pega corresponde ao tempo no qual a primeira derivada da taxa de calor atinge seu valor máximo. Neste ponto o aumento da taxa de calor é o mais rápido. A partir deste instante, os valores da derivada primeira começam a decrescer. O tempo no qual a derivada primeira é nula corresponde ao tempo de fim de pega e neste momento também ocorre a maior taxa de calor

gerado. Foi verificado que quanto maior o fator a/c e menor a finura do cimento maiores os tempos de início e fim de pega. Os valores encontrados foram maiores em comparação com a análise de Vicat. Os autores verificaram que a relação entre estes dois métodos pode variar com o tipo de cimento.

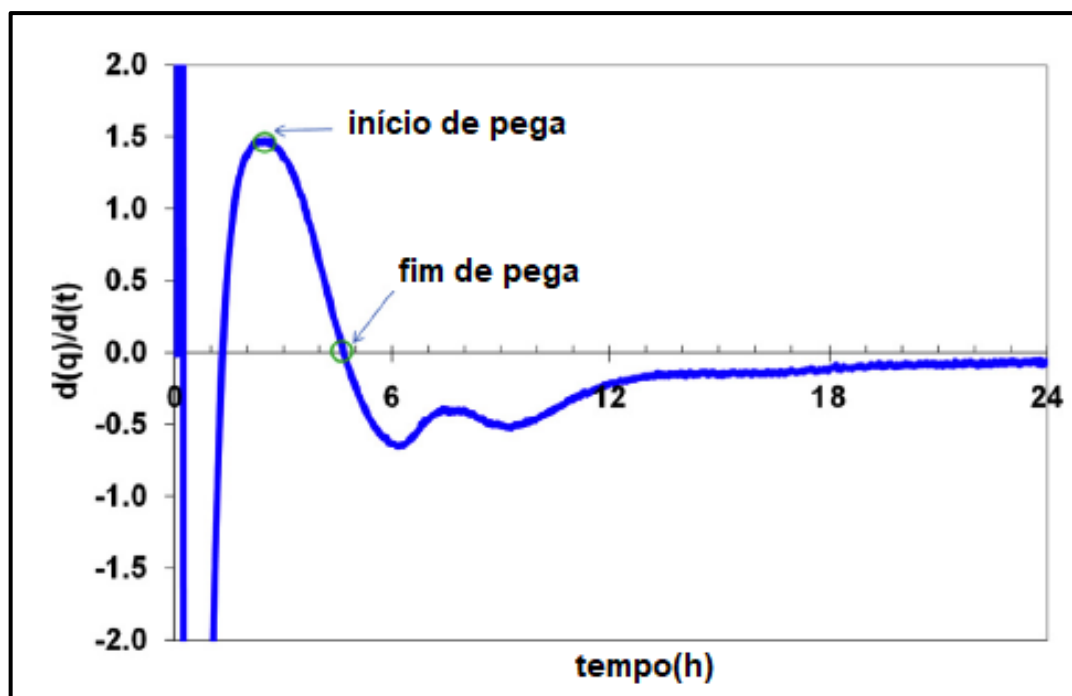


Figura 2.18 – Derivada primeira da taxa de calor gerado
Fonte: adaptado de Hu *et al.* (2014)

2.4 Nanotubos de Carbono

Em 1959, o pesquisador Richard P. Feynman, vencedor do Prêmio Nobel do referido ano, introduziu as ideias de manipulação da matéria na nano escala, ou seja, no nível das moléculas e átomos. Desde então, tal manipulação da matéria vem ocorrendo em diversas áreas do conhecimento tais como física, química e biologia (SANCHEZ e SOBOLEV, 2010). Durante os últimos anos, pesquisas envolvendo materiais em escala nanométrica, nanomateriais, têm se tornado muito populares em várias áreas do conhecimento (COUTO, 2006).

Sanchez e Sobolev (2010) enfatizam que para que seja possível beneficiar-se de todo potencial da nanotecnologia em aplicações concretas, vários problemas devem ser sanados e/ou atenuados tais como dispersão inadequada e incompatibilidade dos nanomateriais. Os autores também chamam a atenção para a necessidade de estudos que avaliem o impacto da inserção destes materiais manipulados na escala nano no meio ambiente e na saúde humana.

Haghi e Thomas (2015 *apud* CHUNG, 2017) descrevem dois nanomateriais, originalmente conhecidos como filamentos de carbono. Tais materiais na escala nanométrica são os nanotubos de carbono e as nanofibras de carbono (NFC). Os autores afirmam que por terem diâmetros menores, quando comparados às NFC, os NTC são mais atrativos para a nanotecnologia.

No presente trabalho, fez-se uma pesquisa envolvendo um nanomaterial bastante promissor: os nanotubos de carbono. Os NTC foram descobertos por Sumio Iijima em 1991 e desde então têm sido alvo de inúmeras pesquisas (IJIMA, 1991; HERMES, 2010; SHAH e TALI, 2016). De acordo com Couto (2006), definem-se os NTC como cilindros de grafeno, na escala nano, com a cavidade interna oca, conforme mostrado na Figura 2.19.

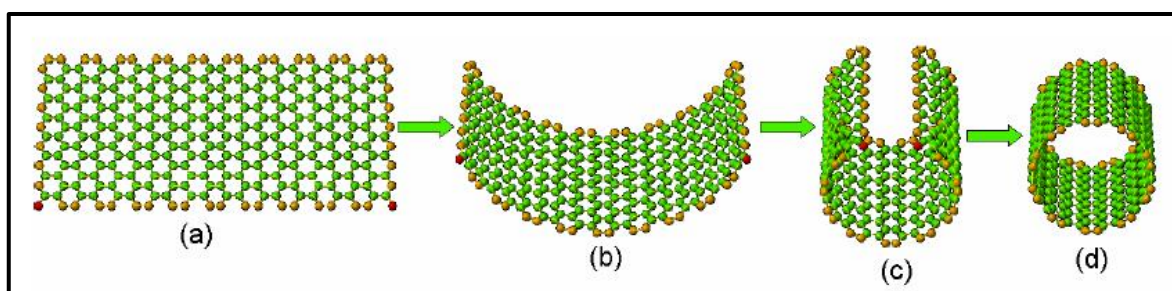


Figura 2.19 – Formação dos nanotubos de carbono: (a) folha de grafeno;(b) e (c) folha de grafeno enrolando; (d) nanotubo de carbono.

Fonte: Adaptado de Couto (2006)

Quanto a sua estrutura, os nanotubos são classificados em dois tipos: os nanotubos de carbono de paredes simples (NTCPS) e os nanotubos de carbono de paredes múltiplas (NTCPM). Os NTCPS possuem uma configuração de uma folha de grafeno enrolada. Por sua vez, os NTCPM possuem uma estrutura que consiste em

várias folhas de grafeno enroladas, envolvendo umas às outras de forma concêntrica. (SOUZA, 2015; BUSCHAN,2007; Ijima e Ichihashi, 1993 *apud* SHAH e TALI, 2016). A Figura 2.20 mostra uma representação esquemática das diferentes estruturas de NTC.

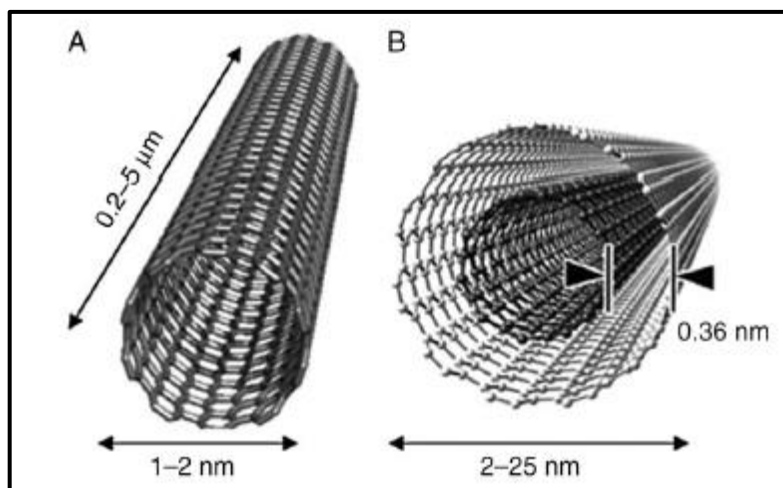


Figura 2.20 – Estruturas de nanotubos de carbono: (a) nanotubo de carbono de parede simples; (b) nanotubo de carbono de parede múltipla.
Fonte: Adaptado Chung (2017)

De acordo com Siddique e Metha (2014), os NTCPM são mais comumente utilizados devido ao fato de terem um melhor custo benefício para produção em larga escala quando comparados aos NTCPS. No entanto, devido a sua maior complexidade e variedade, os NTCPM requerem uma maior atenção para que sejam devidamente compreendidos. Até o momento, os NTCPM apresentam mais defeitos do que os NTCPS, o que acarreta na alteração de suas propriedades.

Ainda segundo Siddique e Metha (2014), o diâmetro mínimo teórico de um NTC é de cerca de 0,4 nm. Dependendo do seu processo de síntese, o diâmetro médio de um NTCPS tende a 1,2 nm. Os diâmetros externos dos NTCPM variam em função das dimensões da partícula catalisadora utilizada no processo, assim como o método de síntese utilizado; já a distância entre tubos é praticamente a distância interlamelar do grafite igual a 0,34 nm (SOUZA,2015; BHUSHAN, 2007). Makar *et al.* (2005) citam que um NTCPS possui normalmente de 1 a 3 nm de diâmetro e um comprimento longitudinal de 1μm ou maior. Por sua vez, os NTCPM normalmente

variam em diâmetro de 10 a 40 nm, mas têm a mesma faixa de comprimento longitudinal que os NTCPS.

Desde a descoberta dos NTC, várias técnicas de síntese foram sendo desenvolvidas, dentre as quais tem-se o método do arco de corrente, ablação por laser e o processo de decomposição química a vapor (CVD) (COUTO, 2006; BHUSHAN, 2007; OLIVEIRA, 2009, KUMAR e ANDO, 2010).

Iijima (1991) fez uso do método de arco de corrente ao sintetizar os primeiros nanotubos de carbono, conforme citado por Couto (2006). Tal método, com temperatura de síntese na faixa de 3000 °C a 4000 °C, é baseado em uma descarga elétrica gerada por dois eletrodos cilíndricos de grafite, em uma câmara de aço contendo um gás inerte (COUTO, 2006).

O processo CVD envolve a reação de um gás precursor de carbono e partículas de um metal catalisador (usualmente cobalto, níquel, ferro ou combinações destes e outros) em temperaturas acima de 600 °C e inferiores a 1000 °C (BHUSHAN, 2007). É um método de síntese mais barato e faixa de temperatura menor, entre 500 °C e 1000 °C, quando comparado aos métodos citados anteriormente. Por ser um processo contínuo, pode ser produzido em larga escala (LADEIRA *et al.*, 2009). A Figura 2.21 esquematiza um sistema CVD.

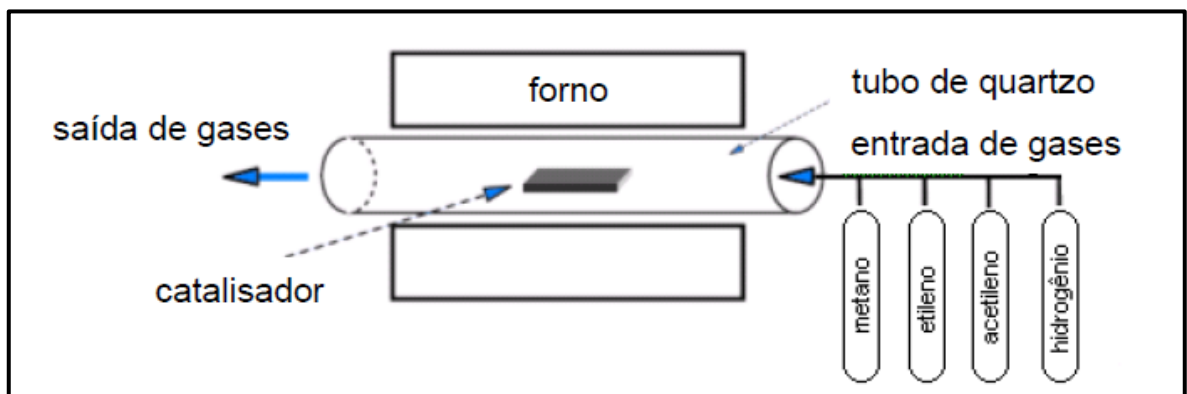


Figura 2.21 – Sistema típico de um processo CVD.
Fonte: Adaptado Ladeira *et al.* (2009)

Loos (2014) diz que devido as suas combinações de propriedades eletrônicas, térmicas e mecânicas, o interesse da comunidade científica em potenciais aplicações de nanotubos de carbono – NTC em compósitos, eletrônica, computadores, sensores e muitas outras áreas, têm crescido rapidamente.

De acordo com Yu *et al.* (2000 *apud* PAULA, 2014) e Thostenson *et al.* (2001 *apud* PAULA, 2014) as propriedades mecânicas dos NTC são singulares, com alto módulo de elasticidade e resistências que superam as dos aços de alta resistência em três e dez vezes respectivamente. Dependendo do tipo de NTC e da presença de defeitos, sua resistência à tração pode atingir até 63 GPa e seu módulo de elasticidade alcançar 1500 GPa.

2.5 O Emprego de Nanotubos de Carbono em Matrizes Cimentícias

Uma parcela significativa da infraestrutura civil atual é parcialmente ou completamente construída a partir de materiais cimentícios como o concreto. Sabe-se que tais materiais cimentícios apresentam baixa resistência à tração e baixa capacidade de deformação. Essa é a razão da existência do concreto armado, que apresenta barras de aço. Além disso, com os estudos de tecnologia do concreto, fibras podem ser incorporadas em matrizes de cimento para superar essas deficiências. Outra alternativa para a melhoria das propriedades mecânicas são as microfibras que atrasam o desenvolvimento de microfissuras formadas. Mas, para impedir o surgimento de tais fissuras, pesquisas realizadas em reforço nanométrico no concreto vêm mostrando que a incorporação de fibras na nano escala permitirá o controle nanométrico de fissuras na matriz cimentícia bem como desenvolver materiais livres desta manifestação patológica (KONSTA-GDOUTOS *et al.*, 2010).

Rashad (2017) fez uma revisão bibliográfica dos principais estudos sobre o efeito dos nanotubos de carbono NTC nas propriedades dos materiais cimentícios tradicionais. O autor disse que é seguro concluir que a mistura física de NTC à matriz de cimento acelerou a hidratação do cimento em aproximadamente 78% dos estudos analisados por ele.

Makar *et al.* (2005) realizaram um estudo de pastas de cimento com a mistura física de 0,02% de NTC em relação a massa de cimento utilizando sonicação para uma melhor dispersão destes. Eles concluíram que a presença dos NTC diretamente o processo de hidratação das pastas nas primeiras idades, produzindo maior taxa de hidratação.

Makar e Chan (2009) adicionaram (mistura física) 1% de nanotubos de carbono de paredes simples - NTCPS em relação à massa de cimento. Os NTCPS foram dispersos por sonicação em isopropanol nos grãos de cimento. Segundo os autores, a adição de NTCPS ao cimento acelerou a reação de hidratação do C_3S . A morfologia dos produtos de hidratação C_3A e C_3S iniciais foi afetada pela adição de NTCPS. Os NTCPS aparentavam atuar como agentes de nucleação para os produtos de hidratação C_3S , com o NTCPS tornando-se rapidamente revestido com C-S-H. Durante as primeiras 24 h de hidratação, a formação de $Ca(OH)_2$ durante o processo de hidratação aumentou. Sendo assim, o calor de hidratação aumentou.

Kowald e Trettin (2009 apud RASHAD, 2017) adicionaram (mistura física) 1% de nanotubos de carbono de paredes múltiplas - NTCPM em pastas de cimento. Os NTCPM foram dispersos por surfactante e sonicação. Eles relataram que os NTCPM não alteraram a quantidade total de hidróxidos de cálcio liberados durante a hidratação, mas parecem ter influência na sua cristalinidade.

Nochaiya e Chaipanich (2011) analisaram o comportamento de pastas contendo a mistura física de 1% de NTCPM após cura em 28 dias. Os resultados desse estudo mostraram a presença de interações interfaciais entre os produtos de hidratação e os NTCPM. Com isso, a porosidade destas pastas diminuiu tendo como resultado uma estrutura mais densa que a da pasta sem NTC.

Stynoski *et al.* (2015) relataram que a mistura física de 0,05% em volume de nanotubos de carbono de paredes múltiplas - NTCPM para o cimento não alterou significativamente as curvas de calor de hidratação até 35 horas. No final do

período de aceleração, o cimento com NTCPM atingiu o pico de taxa de calor 3% mais cedo quando comparado com o cimento puro.

Cui *et al.* (2015) adicionaram (mistura física) 0,25%, 0,5% e 1% de NTCPM (diâmetro 20-50 nm e comprimento 10-30 mm), em peso, em pastas de cimento Portland. Os NTCPM foram dispersos com o cimento, em seguida adicionou-se água e superplastificante (SP). Os autores relataram que a adição de NTCPM acelerou a hidratação do cimento após 3 horas do início do contato do cimento com a água. Além disso, essa aceleração foi diretamente proporcional aos teores de NTCPM.

Reales *et al.* (2016) estudaram a influência de um método de dispersão em nanotubos de carbono de parede múltipla (NTCPM) adicionados por mistura física na hidratação de uma pasta de cimento classe G. A dispersão do NTCPM foi realizada com uma concentração de sólidos de 3,0% em massa e um surfactante aniônico como agente dispersante. Foram estudadas as pastas de cimento com relação água-cimento de 0,45 e teores de NTCPM de até 0,5% em relação à massa de cimento. Nesse estudo foi utilizado um calorímetro isotérmico. Além das curvas de fluxo de calor em função do tempo, os autores também analisaram as curvas de calor total gerado durante o processo de hidratação das pastas. A análise por calorimetria isotérmica realizada foi feita em duas temperaturas: 23°C e 65°C. Será descrito nesta seção apenas os resultados das curvas de pastas submetidas a calorimetria isotérmica com temperatura de 23°C (Figura 2.22), uma vez que a presente pesquisa foi realizada nesta faixa de temperatura.

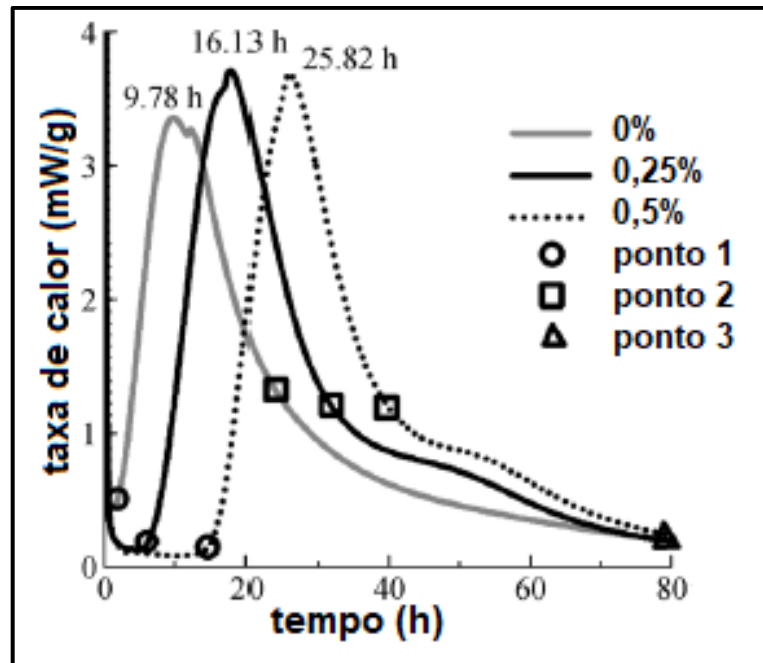


Figura 2.22 – Curvas de taxas de calor – pastas de cimento classe G com NTCPM
 Fonte: adaptado de Reales *et al.* (2016)

A análise da Figura 2.22 mostra, para cada teor de NTCPM, três pontos distintos do processo de hidratação da pasta, conforme indica a legenda da figura. Considerando o ponto 1 como referência, foi constatado que os NTCPM pré dispersos retardaram o processo de hidratação, prolongando o período de indução até 15 horas, caso da pasta com 0,5% NTCPM. Também para este teor de NTCPM, o pico máximo principal foi retardado até 25 horas. Os autores consideraram este retardo causado pelo agente dispersante e proporcional à quantidade de NTCPM presente na pasta. Por sua vez, no ponto 2, após a desorção do surfactante dos grãos de cimento e a hidratação retomada, a liberação de calor foi reforçada tanto da formação de C-S-H quanto da formação de etringita no pico de deflexão de sulfato. O reforço na formação do C-S-H pode ser atribuído a um efeito de nucleação dos NTCPM enquanto que o aprimoramento na formação de etringita pode ser atribuído a presença de Al_2O_3 da dispersão de MWCNT. No ponto 3, após 50 horas de hidratação, os autores verificaram um aumento no pico associado à transformação de etringita em monossulfato como consequência da maior formação de etringita nas pastas com NTCPM pré dispersos.

As curvas de calor acumulado, medidas a 23 °C (Figura 2.23), indicaram que a quantidade total de energia liberada pelas pastas misturadas com NTCPM foi maior que as pastas sem NTCPM. Isto indica que, quando a dessorção do surfactante das superfícies anidras ocorre, a reação de hidratação é retomada (final do período de indução) e acelerada. Com 140 horas de hidratação, a pasta com 0,25% de NTCPM apresentou maior valor de calor acumulado em comparação à pasta com 0,5% de NTCPM. São necessárias novas pesquisas a fim de confirmar se essa tendência é mantida após tempos de hidratação mais longos e para concluir e se esse fenômeno é dominado pelo efeito de nucleação dos NTCPM ou pelo aumento do período de indução (REALES *et al.*, 2016).

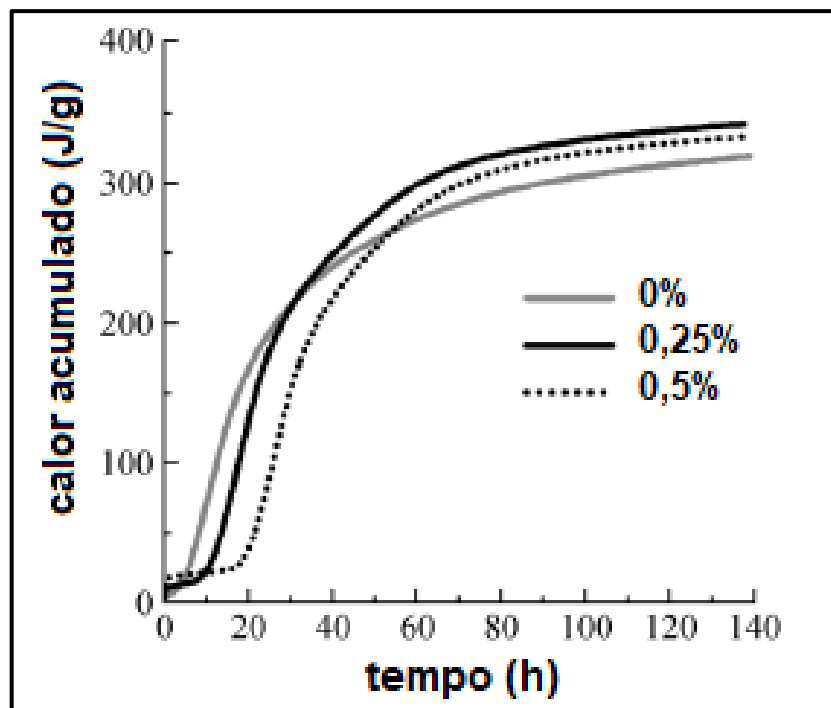


Figura 2.23 – Curvas de calor acumulado – pastas de cimento classe G com NTCPM
 Fonte: adaptado de Reales *et al.* (2016)

Reales *et al.* (2016) enfatizam que os resultados obtidos mostraram um claro atraso na hidratação do cimento devido à presença do dispersante utilizado. No entanto, após análises termogravimétricas concluíram que o atraso na hidratação do cimento não afetou negativamente a quantidade dos produtos de hidratação. Os autores concluíram ainda que tal dispersão utilizada em NTCPM apresenta um bom potencial para aplicações em pastas de cimento. Concluiu-se que a dispersão

comercial de MWCNT apresenta um bom potencial para ser aplicado em pastas de cimento para poços de petróleo.

Segundo Nasibulin *et al.* (2013), um dos maiores obstáculos para a criação de compósitos de NTC / NFC com propriedades mecânicas e/ou térmicas melhoradas é conseguir uma boa dispersão dos nanomateriais de carbono em uma matriz, uma vez que estes são hidrofóbicos.

Tendo em vista esse aspecto da dispersão dos nanotubos em matrizes de cimento, justifica-se a importância do processo desenvolvido por Ladeira *et al.* (2009) cuja patente foi recentemente concedida. No pedido da patente, os inventores dizem:

A presente invenção descreve um processo de deposição química da fase vapor para a síntese de nanotubos de carbono, no qual o clínquer de cimento é usado como matriz cerâmica para ancoramento de nanopartículas de metais de transição. A utilização do clínquer de cimento como suporte de ancoramento de nanopartículas, de metais de transição permite que os nanotubos de carbono sejam gerados sobre as partículas, e grãos do clínquer de cimento permitindo assim, a produção de um tipo de cimento nanoestruturado com nanotubos de carbono em que a síntese e integração de nanotubos de carbono ao clínquer são feitos em uma única etapa de modo contínuo em larga escala. O processo aqui descrito pode ser incorporado à indústria de cimento convencional permitindo a produção deste material na taxa de toneladas por dia. O invento propõe, também, como parte do processo de síntese de nanotubos de carbono sobre o clínquer de cimento, várias alternativas de enriquecimento do clínquer de cimento com metais de transição para a produção deste compósito nanoestruturado de forma integrada ou não à indústria convencional de cimento.

Utilizando esse processo de síntese de nanotubos de carbono de paredes múltiplas NTCPM diretamente sobre o clínquer, Ludvig (2012), Paula (2014) e Souza (2015) avaliaram o efeito dos NTCPM no comportamento mecânico de pastas e argamassas de cimento Portland. O teor de NTCPM variou entre 0,1% e 0,3% em relação à massa de cimento. A presença dos nanotubos promoveu melhorias significativas de resistência à compressão e à tração destes compósitos de cimento quando os teores destes foram inferiores a 0,3%. Segundo Souza (2015) essas melhorias foram da mesma ordem de grandeza das encontradas quando a adição de NTCPM é feita por meio de mistura física; porém o todo processo é mais simples

e mais econômico quanto a síntese dos NTCPM é feita diretamente sobre o clínquer.

Na continuidade do estudo do efeito dos nanotubos de carbono de paredes múltiplas - NTCPM, quando sintetizados diretamente sobre o clínquer, no comportamento de matrizes cimentícias esta pesquisa vai analisar o processo de hidratação do cimento na presença deles. Esta pesquisa complementa também os estudos encontrados na literatura visto que os mesmos foram sempre realizados pela mistura física dos NTCPM. A “*non-conventional differential thermal analysis – NCDTA*” será utilizada na avaliação da hidratação do cimento nas primeiras idades.

3 METODOLOGIA

Considerando que o objetivo do presente trabalho é avaliar o efeito da presença dos nanotubos de carbono - NTC no processo de hidratação de pastas de cimentos Portland, foram realizados ensaios de monitoramento térmico em amostras de pastas produzidas com cimento Portland sem e com NTC crescidos sobre o clínquer. O monitoramento térmico referido foi realizado utilizando a “*non-conventional differential thermal analysis*” - NCDTA descrita no capítulo de revisão bibliográfica. Uma câmara semi-adiabática foi desenvolvida na qual foram dispostas as pastas de cimentos Portland durante a hidratação.

3.1 Caracterização dos Materiais Utilizados

3.1.1 Clínquer nanoestruturado

O clínquer nanoestruturado utilizado foi produzido por síntese contínua pelo método CVD. Esta síntese foi realizada no reator mostrado na Figura 3.1 que se encontra nas dependências do CTNano da UFMG. O suporte catalítico para o crescimento dos nanotubos de carbono foi o clínquer, fornecido pela InterCement®.

O clínquer nanoestruturado foi fabricado em fevereiro de 2016 com parâmetros de síntese correspondentes à programação 1, desenvolvida por Souza (2015). Os nanotubos de carbono sintetizados são de parede múltipla – NTCPM. De acordo com Souza (2015), os NTCPM correspondentes à programação 1 apresentam um diâmetro interno na faixa entre 9,4 e 17 nm, diâmetro externo na faixa entre 21,3 e 45,4 nm e número de paredes na faixa de 16 a 53.



Figura 3.1 – Reator CVD para síntese de clínquer nanoestruturado – Processo de síntese contínua.

Fonte: Souza (2015)

Souza (2015) também determinou a área superficial específica (ASE) do clínquer puro e do clínquer com NTC para a programação 1. O clínquer, após a síntese de NTC, apresentou ASE de 27,51 m²/g; já o clínquer puro apresentou ASE de 1,02 m²/g. Souza (2015) enfatiza que, provavelmente, tal aumento se deve ao alto valor de ASE dos NTC, que para o caso de NTCPM de alta pureza, varia de 200 a 400 m²/g (BHUSHAN, 2007). De acordo com Collins *et.al* (2012 *apud* Souza, 2015) e Musso *et.al* (2009 *apud* Souza, 2015), o aumento de ASE pode alterar os mecanismos de hidratação do material uma vez que a capacidade de adsorção d'água é possivelmente aumentada em NTC funcionalizados.

Visando obter o teor de NTC em massa no clínquer nanoestruturado, amostras do material foram submetidas à análise termogravimétrica (TGA). Para tal, foi utilizado o equipamento TGA Thermal Analysis Q500 – TA Instruments pertencente ao Laboratório de Materiais do Departamento de Química da UFMG. A Figura 3.2 indica o resultado da TGA de uma amostra do clínquer nanoestruturado. A decomposição dos NTC ocorreu em dois picos, aproximadamente 481 e 653 °C, indicando a presença de dois tipos de NTC. De acordo com Bhushan (2007) a diferença entre as faixas de temperatura nas quais ocorre a decomposição tem ligação com a qualidade dos NTC. A perda de massa total obtida foi de (10,55 ± 1,61) %.

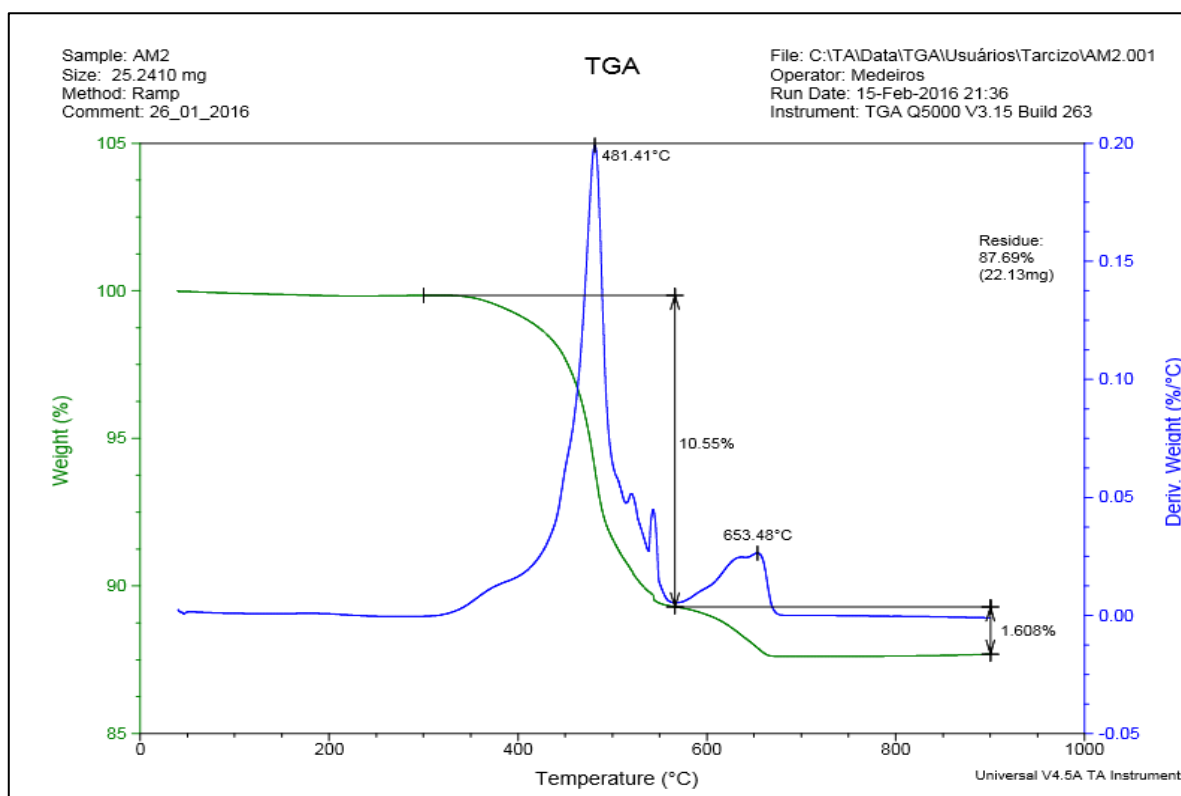


Figura 3.2 – Curva de perda de massa do clínquer por análise termogravimétrica.

Outros estudos também utilizaram a técnica de TGA para a verificação do rendimento. Ludvig (2012) e Nasibulin *et al.* (2013) produziram NTC crescidos diretamente sobre materiais cimentícios e verificaram o rendimento das sínteses realizadas em suas pesquisas através de curvas termogravimétricas. Segundo Souza (2015), a perda de massa, em percentual, sofrida por uma amostra corresponde ao rendimento ou produtividade de NTC e/ou NFC no material analisado.

Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) de uma amostra do clínquer nanoestruturado utilizado também foram realizadas. Este estudo foi feito no Centro de Microscopia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com o uso do microscópio modelo *Quanta* 200 – FEG – FEI™2006, empregando elétrons retroespalhados. Do mesmo modo que na pesquisa de Souza (2015), não foi necessário o preparo da amostra com cobertura de material reflexível pelo fato do

clínquer anidro possuir uma camada de carbono. Os nanotubos de carbono - NTC puderam ser identificados, conforme mostram as Figuras 3.3, 3.4 e 3.5. A região A da Figura 3.3 aparece em destaque nas demais figuras.

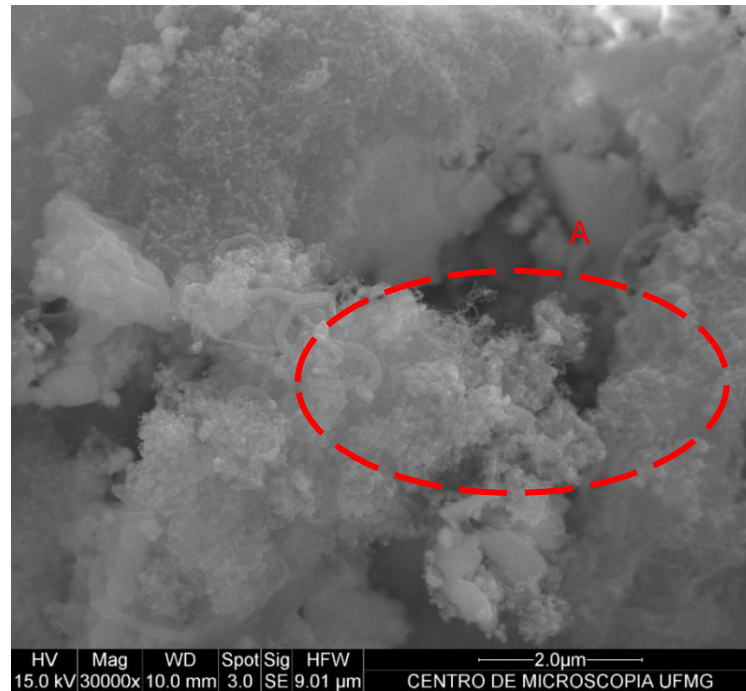


Figura 3.3 – Imagem de microscopia eletrônica de varredura do clínquer nanoestruturado ampliada 30.000X.

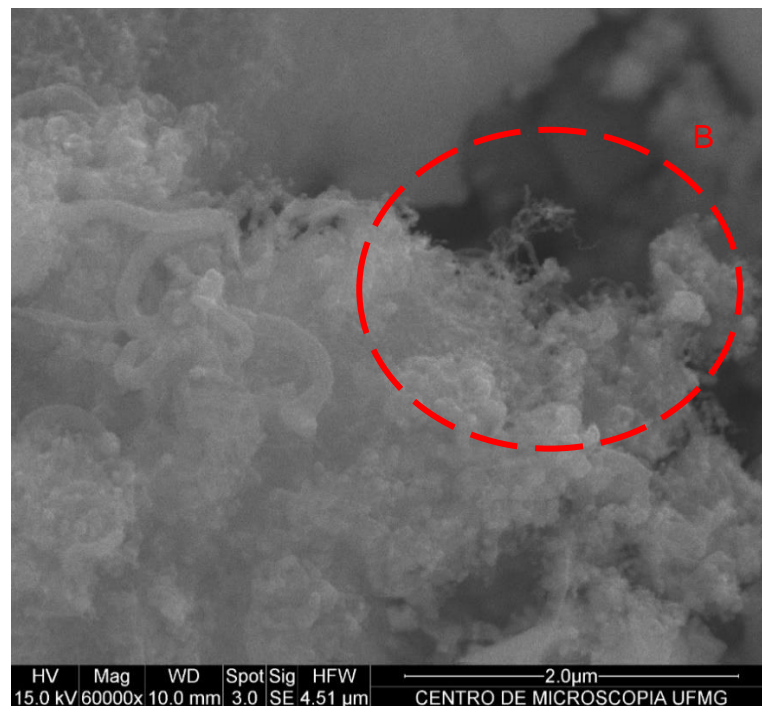


Figura 3.4 – Imagem de microscopia eletrônica de varredura do clínquer nanoestruturado ampliada 60.000X.

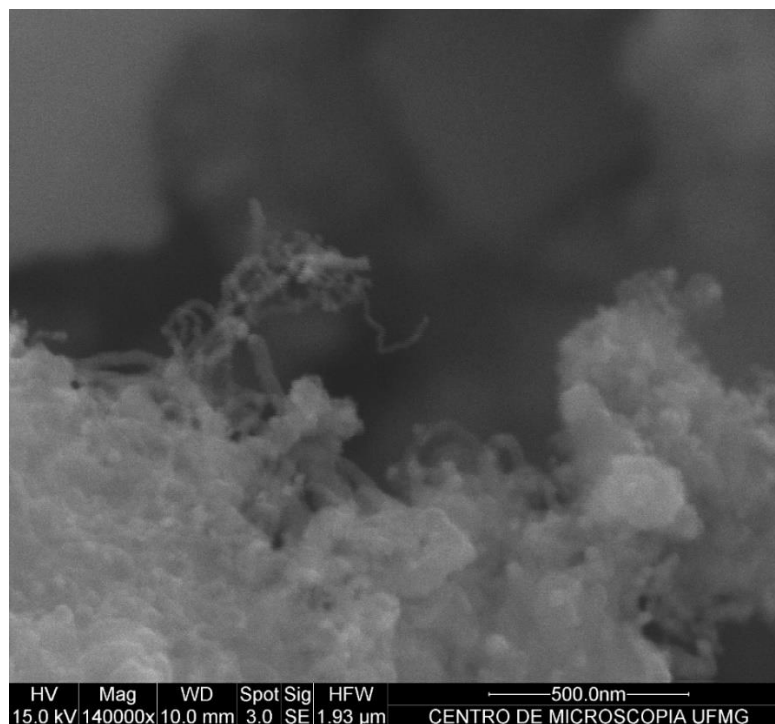


Figura 3.5 – Imagem de microscopia eletrônica de varredura da região B do clínquer nanoestruturado ampliada 140.000X.

3.1.2 Cimentos Portland CPV-ARI e CPIII-40 RS

As pastas foram produzidas usando o cimento Portland de alta resistência inicial (CPV-ARI), bem como o cimento Portland de alto-forno e resistente a sulfatos (CPIII-40 RS). Ambos os cimentos referidos foram produzidos pela InterCement® em Pedro Leopoldo – MG.

Sobre a escolha do CPV-ARI, foi endossado o que foi dito por Souza (2015):

Com o objetivo de ressaltar os efeitos dos NTC na matriz cimentícia, a escolha por este tipo de cimento está relacionada ao fato desse possuir teores de adições muito baixos, diminuindo assim a possibilidade de interferências nos resultados. Segundo NBR 5733 (1991), esse tipo de cimento deve ter em sua composição de 95% a 100%, em massa, de clínquer mais sulfatos de cálcio e até 5% de material carbonático.

O CPV-ARI é amplamente utilizado devido a sua alta resistência inicial possibilitando as desformas e retiradas de escoras em períodos de tempo mais curtos. Porém, pelo fato desse cimento apresentar um alto calor de hidratação, a

sua utilização em obras onde há um volume de concreto maior é inviável pois implica em surgimento de fissuras acima dos limites de aceitação e serviço.

Com características distintas do CPV-ARI, foi considerado relevante que o CPIII-40 RS também fosse estudado porque é um cimento composto com elevada quantidade de escória. Sendo assim, é um cimento Portland com menor teor de clínquer por quilo de cimento. Ao avaliar os efeitos do NTC crescido em clínquer no comportamento desse cimento, os resultados podem ser satisfatórios do ponto de vista de resistência mecânica bem como do meio ambiente e da durabilidade das estruturas.

Enquanto o CPV-ARI apresenta uma curva de calor de hidratação cujo pico tem amplitude muito elevada em um intervalo de tempo inferior, a correspondente curva do CPIII-40 RS possui um pico com amplitude menor e com intervalo de tempo prolongado. É muito indicado em construções com grande volume de concreto, concreto massa, uma vez que não sofrerá com grandes efeitos de retração térmica que ocasionaria em trincas e fissuras, extremamente evitadas em barragens, por exemplo (CINCOTTO, 2011; MEHTA E MONTEIRO, 2014).

As Tabelas 3.1 e 3.2 mostram as características e propriedades dos cimentos utilizados no trabalho, fornecidas pela InterCement®. Nas tabelas, REF corresponde ao cimento puro; NTC01 refere-se ao cimento contendo 0,1% de nanotubos de carbono em relação à massa de cimento e NTC03 corresponde ao cimento com 0,3% de NTC. A análise dessas características mostra que elas estão em conformidade com as exigências das normas específicas de cada cimento.

Tabela 3.1 – Propriedades do CPV-ARI

| Propriedades físicas | Valores | Limites NBR 5733 |
|--|---|-----------------------------------|
| Resíduo na peneira 45 μm (n° 325) | 2,0% | $\leq 6\%$ |
| Finura Blaine | 5112 cm^2/g | $\geq 3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ |
| Água de Consistência | 31,2% | Conforme NBR NM 43 |
| Início de pega (*) | 138 min (REF) 132 min (NTC01) 143 min (NTC03) | ≥ 60 min - - |
| Fim de pega (*) | 185 min (REF) 192 min (NTC01) 203 min (NTC03) | ≤ 600 min - - |
| Propriedades químicas | Valores | |
| Perda ao Fogo | 3,02% | $\leq 4,5$ |
| Óxido de silício – SiO_2 | 19,87% | - |
| Óxido de alumínio – Al_2O_3 | 4,78% | - |
| Óxido de ferro – Fe_2O_3 | 2,72% | - |
| Óxido de cálcio – CaO | 63,01% | - |
| Óxido de magnésio – MgO | 3,09% | $< 6,5$ |
| Trióxido de enxofre – SO_3 | 3,20% | - |
| Óxido de potássio – K_2O | 0,77% | - |
| Óxido de sódio – Na_2O | 0,08% | - |

(*)tempos de pega considerando a água de consistência para todos os teores.

Tabela 3.2 – Propriedades do CPIII-40 RS

| Propriedades físicas | | Valores | Exigência da NBR 5735 |
|--|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Resíduo na peneira 75 µm (nº 200) | | 0,467% | ≤ 8,0% |
| Finura Blaine | | 4642 cm ² /g | - |
| Água de Consistência | | 29,38% | Conforme NBR NM 43 |
| Tempo inicial de pega (*) | | 180 min (REF) | ≥ 60 min |
| | | 210 min (NTC02) | - |
| | | 209 min (NTC03) | - |
| Tempo final de pega (*) | | 250 min (REF) | ≤ 720 min |
| | | 270 min (NTC02) | - |
| | | 275 min (NTC03) | - |
| Propriedades químicas | | Valores | |
| Perda ao Fogo | | 3,47% | ≤ 4,5% |
| Resíduo Insolúvel (RI) | | 1,4 | - |
| Trióxido de enxofre (SO ₃) | | 2,38% | ≤ 4,0% |
| Óxido de magnésio (MgO) | | 3,43% | - |
| Eflorescência de raio X | SiO ₂ | 24,09% | - |
| | Al ₂ O ₃ | 6,36% | - |
| | Fe ₂ O ₃ | 3,30% | - |
| | CaO | 54,81% | - |
| | Na ₂ O | 0,14% | - |
| | K ₂ O | 0,67% | - |

(*) tempos de pega considerando a água de consistência para todos os teores.

3.2 Desenvolvimento da Câmara Semi-adiabática

Para utilização da metodologia da “*non-convencional differential termal analysis*” – NCDTA as amostras de pastas de cimento devem ser mantidas num aparato semi-adiabático durante o período de avaliação da temperatura gerada pela liberação de calor da hidratação dessas (DWECK *et al.* 2003).

A norma ASTM C1753 (2015) enfatiza que monitorar a temperatura da amostra inerte durante todo o ensaio das pastas é de suma importância, uma vez que esta

tende a contabilizar os efeitos da mudança da temperatura ambiente durante o período de medição, bem como possíveis interferências de uma amostra nas demais. Por isso essa norma determina que a amostra inerte tenha uma variação máxima de 3 °C durante todo o ensaio. Além disso, essa norma estabelece que as medidas de temperatura devam ser feitas por termopares com precisão de ± 1 °C e que o equipamento de aquisição de dados deve medir temperaturas continuamente num intervalo de tempo não maior que 60 segundos entre medidas.

Com base nesses requisitos foram utilizados para medida e aquisição dos valores da temperatura termopares tipo K e o equipamento PicoLog com 8 canais de aquisição, respectivamente. A Figura 3.6 apresenta o equipamento de aquisição de dados PicoLog em (a) e o termopar tipo K em (b).



Figura 3.6 – Aparato de medição e aquisição de dados.

Para a câmara semi-adiabática, mostrada na Figura 3.7, foram utilizados dois blocos de poliestireno expandido (EPS) tendo cada bloco dimensões de 93,5 cm (comprimento) x 42,5 cm (largura) x 36 cm (altura).

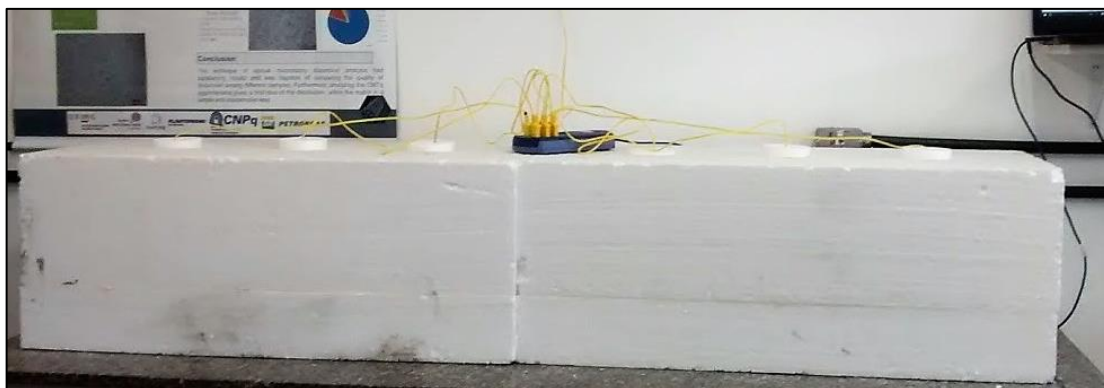


Figura 3.7 – Câmara semi-adiabática

Em cada bloco foram perfuradas três cavidades cilíndricas (Figura 3.8) de diâmetro 8,5 cm e altura 12,0 cm para receber as pastas de cimento colocadas em porta amostra de alumínio envoltas por recipiente de isopor. As dimensões do bloco de poliestireno expandido foram concebidas de forma que cada amostra distasse 17 cm das faces laterais do bloco bem como para a amostra adjacente.

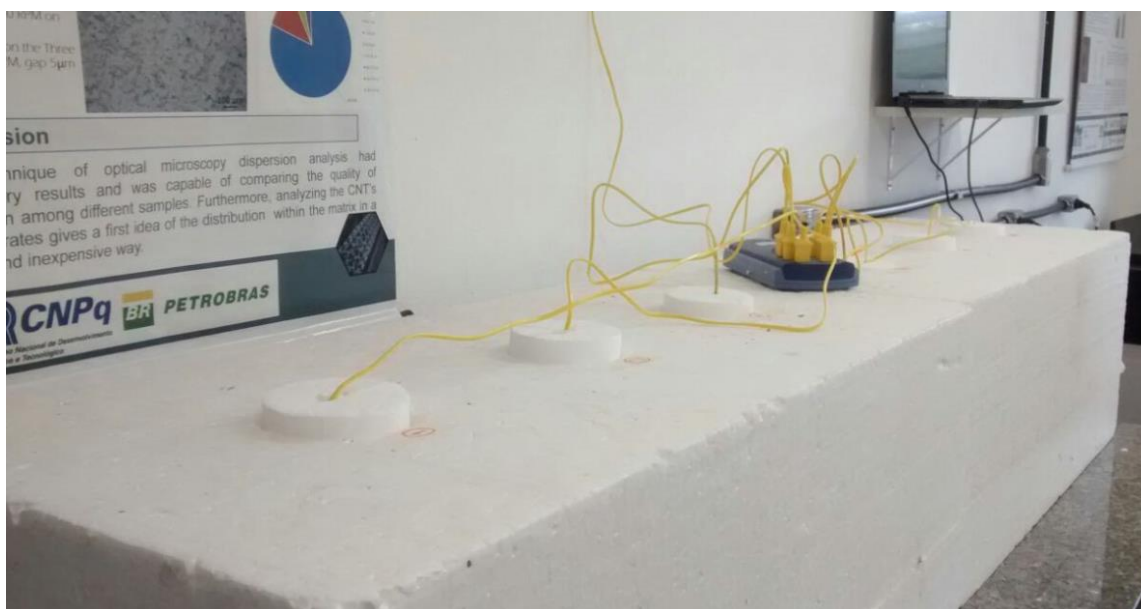


Figura 3.8 – Amostras inseridas na câmara e monitoradas por meio de termopares

Vários ensaios com pastas de cimento Portland sem nanotubos de carbono e uma amostra inerte foram realizados para aferir o desempenho da câmara semi-adiabática constituída dos blocos de poliestireno expandido. A amostra inerte era constituída de areia e água com a mesma massa das pastas de cimento (massa de areia igual à massa de cimento; mesma quantidade de água). A avaliação de desempenho da câmara foi feita por meio da variação de temperatura sofrida pela

amostra inerte durante o período de hidratação das pastas. Conforme já relatado, a ASTM C1753 (2015) determina que a amostra inerte tenha uma variação máxima de 3 °C durante todo o ensaio. Essa é a forma de garantir que as amostras estão acondicionadas em uma câmara com ótimo isolamento. Uma vez que a amostra inerte permaneceu praticamente com temperatura constante durante todo o ensaio de hidratação das pastas dispostas do seu lado, a câmara desenvolvida apresentou desempenho adequado.

Para os ensaios definitivos, foi feita uma melhoria nas tampas de cada uma das cavidades, referidas aqui como “tarugos”. Fez-se a substituição do material utilizado nos tarugos. Ao invés de lã de vidro, utilizou-se o mesmo material da câmara de isolamento térmico, ou seja, poliestireno expandido.

A figura 3.9 detalha as medidas da câmara de isolamento térmico, descrevendo e identificando todos os materiais utilizados para a realização dos ensaios. A planta mostra a vista superior dos dois blocos com as cotas para locação dos corpos-de-prova 1 a 6. A vista apresenta uma visão lateral dos blocos, com todas as medidas horizontais e verticais, além disso, destaca as tampas de isopor para fechamento das seis amostras. A perspectiva objetiva complementar a visão lateral e esclarecer o conjunto. Por fim, foi realizado um detalhe típico do corpo-de-prova, ressaltando os materiais constituintes: porta-lata de isopor, lata de alumínio recortada (sem a flange), pasta de cimento previamente misturada, no seu interior, e o termopar introduzido na pasta através de um pequeno orifício na tampa de isopor.

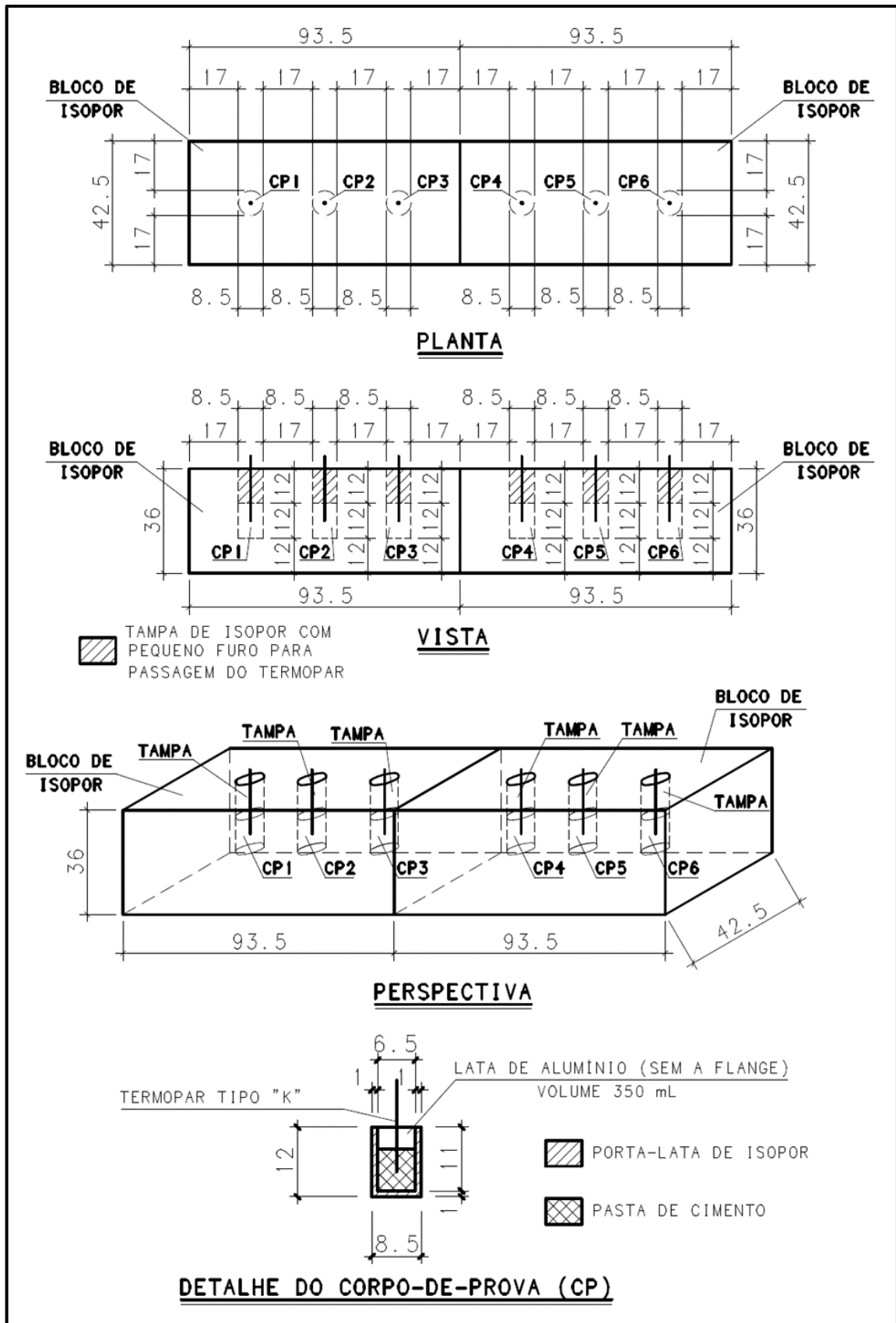


Figura 3.9 – Detalhe da câmara semi-adiabática e dos porta amostras contendo as pastas de cimento

3.3 Composição e Preparo das Pastas de Cimentos Portland

Todas as pastas de cimento avaliadas tiveram fator água/cimento igual a 0,40. A escolha por este valor foi baseada no estudo de Souza (2015) de modo a balizar os resultados por ele obtidos. Além disso, Mehta e Monteiro (2014) citam que, a partir de pesquisas em laboratório, muitos pesquisadores relataram que concreto com relação água/material cimentício de 0,4 ou menor apresentaram pouca ou nenhuma permeabilidade. Os autores ainda reforçaram que esta propriedade é a mais desejável para a longa durabilidade de estruturas expostas a ambientes corrosivos.

Com relação ao teor de nanotubos de carbono de paredes múltiplas sintetizados sobre o clínquer, dois valores foram empregados: 0,1% e 0,3%. Ambos os valores são medidos em relação à massa de cimento. A escolha desses teores foi feita também com base no estudo de Souza (2015).

A Tabela 3.3 apresenta a denominação bem como a composição de cada pasta de cimento analisada bem como da amostra de inerte. A areia utilizada na amostra inerte é a areia padronizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), sendo 50 g de cada uma das seguintes frações granulométricas: 0,15 mm; 0,30 mm; 0,60 mm e 1,20 mm. A escolha das quatro frações visou uma melhor representatividade do material.

Na denominação apresentada na tabela os índices iniciais correspondem ao tipo de cimento utilizado e nas pastas contendo NTC os índices finais ao percentual desses em relação à massa de cimento.

Tabela 3.3 – Denominação e composição das pastas de cimento e da amostra inerte

| Denominação da amostra | Teor de cimento (g) | Teor de clínquer nanoestruturado (g) | Teor de água (g) | Teor de areia (g) |
|------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|
| Inerte | - | - | 80 | 200 |
| CPV-REF | 200 | - | 80 | - |
| CPIII-REF | 200 | - | 80 | - |
| CPV-NTC01 | 198 | 2 (0,1% de NTC) | 80 | - |
| CPV-NTC03 | 194 | 6 (0,3% de NTC) | 80 | - |
| CPIII-NTC01 | 198 | 2 (0,1% de NTC) | 80 | - |
| CPIII-NTC03 | 194 | 6 (0,3% de NTC) | 80 | - |

Com relação ao preparo da amostra inerte e das pastas de cimento, seguiu-se os seguintes procedimentos:

- a) Para a amostra inerte, em cada porta amostra, misturaram-se manualmente 200 gramas de areias padronizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), sendo 50 gramas de cada uma das 4 frações granulométricas: 0,15; 0,30; 0,60 e 1,20 mm, acrescidos de 80 gramas de água destilada.
- b) Para as pastas CPV-REF e CPIII-REF, em cada porta amostra, misturaram-se, durante 2 minutos, 200 gramas do respectivo tipo de cimento Portland acrescidos de 80 gramas de água destilada. A forma de mistura foi manual, durante os primeiros 45 segundos; no restante do tempo utilizou-se um misturador portátil com rotação regulável desenvolvido no CTNano.
- c) Para as pastas contendo ambos os teores de NTC, primeiramente os 200 gramas de material cimentício anidro (cimento + clínquer nanoestruturado) foram acondicionados em um saco plástico fechado com ar em seu interior e então submetidos a uma mistura física via agitação manual. Em seguida esse material cimentício foi colocado em cada porta amostra e misturado durante 2 minutos com 80 gramas de água. A forma de mistura foi manual,

durante os primeiros 45 segundos; no restante do tempo utilizou-se um misturador portátil com rotação regulável desenvolvido no CTNano.

3.4 Ensaios de Monitoramento da Temperatura durante a Hidratação do Cimento Portland

Os ensaios foram realizados com dez repetições para cada tipo de pasta. Todos os ensaios foram de 72 h de duração com intervalo de leitura das temperaturas de 15 segundos. A temperatura do ambiente foi controlada e não houveram interferências de qualquer tipo no processo de hidratação das pastas. Além disso, todos os materiais utilizados no preparo das pastas foram acondicionados previamente na sala ambientada de modo que a temperatura inicial da mistura estivesse na faixa de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ estabelecida pela norma ASTM C1753 (2015).

Em cada módulo da câmara semi-adiabática, a amostra inerte foi posicionada entre duas pastas de cimento Portland. Assim, por exemplo, em um ensaio realizado, a disposição das amostras, da esquerda para a direita, foi: CPV-REF_01, Inerte, CPV-NTC01_01, CPV-REF_02, Inerte e CPV-NTC03_01, conforme pode-se observar na Figura 3.7.

A Figura 3.10 mostra o sistema de medição utilizado no programa experimental desta pesquisa junto com a câmara semi-adiabática.



Figura 3.10 – Sistema de medição de temperatura e câmara semi-adiabática.

3.5 Determinação das Curvas de Calor Acumulado ao longo do Tempo

Conforme descrito no capítulo anterior, Hu *et al.*(2014) determinaram valores de áreas abaixo das curvas obtidas do calorímetro isotérmico, como forma de quantificar o calor de hidratação.

No presente trabalho também foram calculadas as áreas abaixo de cada perfil térmico, como forma de estimar o calor de hidratação.

Além disso, conforme já descrito no capítulo anterior, utilizando a massa de cada material constituinte de cada pasta, bem como o calor específico de cada um, determina-se a massa térmica das amostras. A partir daí, multiplicando-se a massa térmica pela integral de cada perfil térmico, obtiveram-se curvas similares às do estudo de Pinto *et. al.* (2005).

O calor específico de cada material constituinte das pastas foi obtido empregando a técnica de calorimetria diferencial de varredura (DSC). Para isso foi utilizado um calorímetro diferencial analítico *Perkin Elmer modelo DSC8000* previamente calibrado com safira. As massas iniciais de cada constituinte sólido das pastas estavam na faixa de 13 a 25 mg colocadas em cadinhos padrão de alumínio abertos. Tais cadinhos foram submetidos às condições de operação: rápido resfriamento da temperatura ambiente até -30 °C, seguido de aquecimento a 4 °C/min até 70 °C. Os valores da medição podem ser vistos com detalhe no apêndice D.

O valor adotado para o calor específico foi uma função linear da temperatura. Sendo assim, para a transformação dos perfis térmicos em curvas de fluxo de calor, os seguintes valores foram adotados:

Tabela 3.4 – Calor específico dos materiais (T em °C)

| Material | Calor específico |
|------------------|-------------------------|
| Clínquer com NTC | $c = 0,0035.T + 0,5509$ |
| CPV-ARI | $c = 0,0035.T + 0,5046$ |
| CPIII-40 RS | $c = 0,0045.T + 0,4807$ |
| Areia | $c = 0,0015.T + 0,7818$ |

Para a água foi utilizado o valor de 4,18 J/(g.°C) para o seu calor específico, assim como adotado por Cherem da Cunha *et al.* (2008).

3.6 Determinação dos Tempos de Início e Fim de Pega através da Calorimetria

Foram traçadas as curvas de derivada primeira de cada perfil térmico que representam a taxa de energia térmica dQ/dt ao longo do tempo, do mesmo modo que Hu *et al.* (2014). Conforme explicado por estes autores e já explicitado no capítulo anterior, o tempo de início de pega corresponde ao tempo no qual a primeira derivada da taxa de calor atinge seu valor máximo. Neste ponto o aumento da taxa de calor é o mais rápido. A partir deste instante, os valores da derivada

primeira começam a decrescer. O tempo no qual a derivada primeira é nula corresponde ao tempo de fim de pega e neste momento também ocorre a maior taxa de calor gerado.

3.7 Determinação dos Tempos de Início e Fim de Pega através da Análise de Vicat

Diversos ensaios de Vicat foram realizados a fim de determinar os tempos de início e fim de pega das pastas de cimento Portland, em concordância com a norma NBR NM 65 (2003). Diferente das pastas compostas com a quantidade de água correspondente a água de consistência determinada de forma normatizada, neste trabalho fez-se a análise de Vicat em pastas com o mesmo fator a/c de 0,40 adotado nos ensaios NCDTA de forma a correlacionar com o perfil térmico das pastas durante o período de hidratação.

A norma NBR NM 65 (2003) estabelece várias condições ao realizar os ensaios para determinação de início e fim de pega, dentre as quais tem-se:

- a) Colocar as pastas numa câmara úmida capaz de manter a temperatura do ar no intervalo de (20 ± 2) °C e uma umidade relativa do ar de pelo menos 90%. Como nota, a referida norma, permite que, em países de clima quente, a temperatura no interior da câmara úmida pode ser 23 °C, 25 °C ou 27 °C, ambas com desvio padrão de 2 °C;
- b) Para que se tenha repetitividade dos resultados encontrados, num mesmo dia e sob as mesmas condições, estes não devem diferir um tempo superior a 30 minutos;
- c) Os moldes com as pastas devem ser acondicionados sempre na câmara úmida, exceto nos momentos de medição.

Um recipiente de acrílico foi adaptado para ser utilizado como câmara úmida de modo a atender os requisitos da norma NBR NM 65 (2003). Nele, colocou-se um umidificador que manteve a umidade relativa do ar superior ou igual a 90%. O laboratório utilizado do CTNano, o que garantiu a faixa de temperatura estabelecida pela norma.

A análise de Vicat foi realizada com 3 amostras de cada pasta investigada, o que num total de 18 amostras. A Figura 3.11 apresenta um esquema com a denominação de todas as amostras.

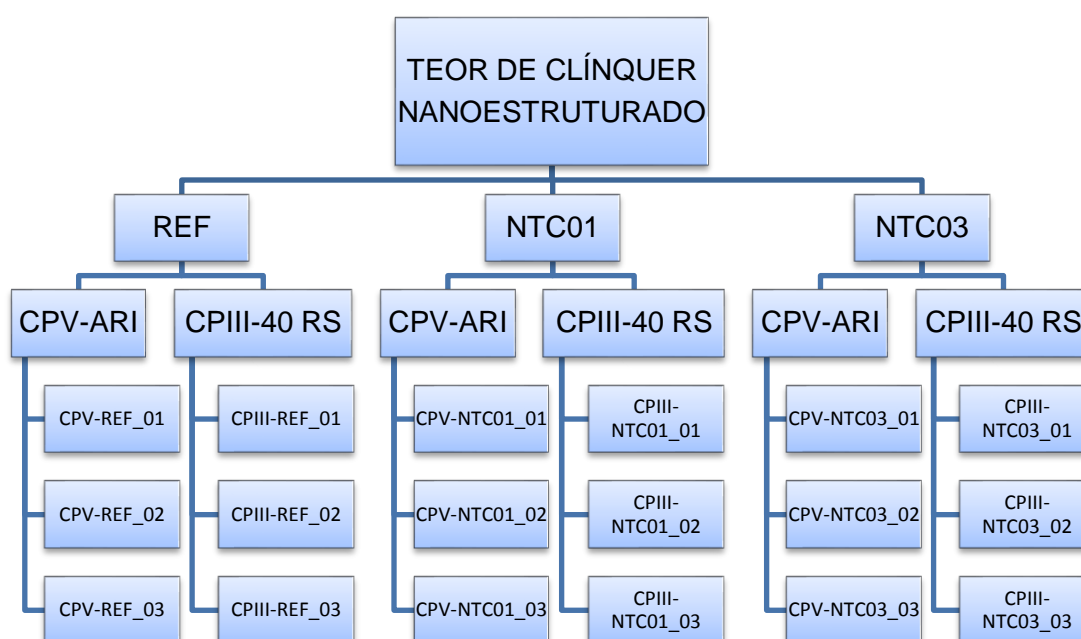


Figura 3.11 – Esquema das amostras para ensaio de Vicat.

Na presente pesquisa, os tempos de pega foram relacionados com os perfis térmicos das pastas de cimento Portland. Conforme já referenciado anteriormente, os tempos de pega da pasta ocorrem antes do maior calor liberado (DWECK *et al.*, 2003; MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Os tempos de início e fim de pega médios dos seis diferentes tipos de pastas (conforme Figura 3.11) foram então indicados no perfil térmico representativo de cada um destes seis tipos de pastas. Essa representação é igual a realizada no estudo de Neves Junior *et al.* (2013).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados dos ensaios de monitoramento da temperatura de hidratação das pastas de CPV-ARI e de CPIII-40 RS. São apresentados também os tempos de início e fim de pega determinados por dois métodos distintos. Além disso, o calor de hidratação acumulado desprendido ao longo do processo de hidratação das pastas foi quantificado.

4.1 Perfis Térmicos

Conforme descrito no capítulo de Metodologia, foram determinados um total de 10 perfis térmicos para cada teor de nanotubos de carbono tanto para as pastas de CPV-ARI quanto para as pastas de CPIII-40 RS. Além disso, foi determinado o perfil térmico médio em todos os casos. Posteriormente, o perfil térmico que mais se aproxima do médio foi selecionado como o representativo de cada teor para cada um dos cimentos Portland utilizados nesta pesquisa. A escolha pelo perfil representativo ao invés do perfil médio é devida ao fato deste ser um perfil real de um corpo de prova de pasta de cimento. Essa seleção se deu através da comparação dos desvios dos diversos valores em relação à média. Por exemplo, para cada instante de tempo, foi calculada a diferença entre a temperatura média e a temperatura medida e aquele perfil que teve as menores diferenças foi o escolhido para ser o perfil térmico representativo.

A Figura 4.1 apresenta os 10 perfis térmicos bem como o perfil médio correspondente das pastas de referência do CPV-ARI. A Figura 4.2 apresenta o perfil térmico da amostra representativa (CPV-REF_02) para a pasta de referência produzida com cimento CPV-ARI. As Figuras 4.3 a 4.6 mostram os perfis térmicos das pastas com CPV-ARI para os teores de 0,1% de NTC e 0,3% NTC. A Figura 4.7 indica os três perfis térmicos representativos.

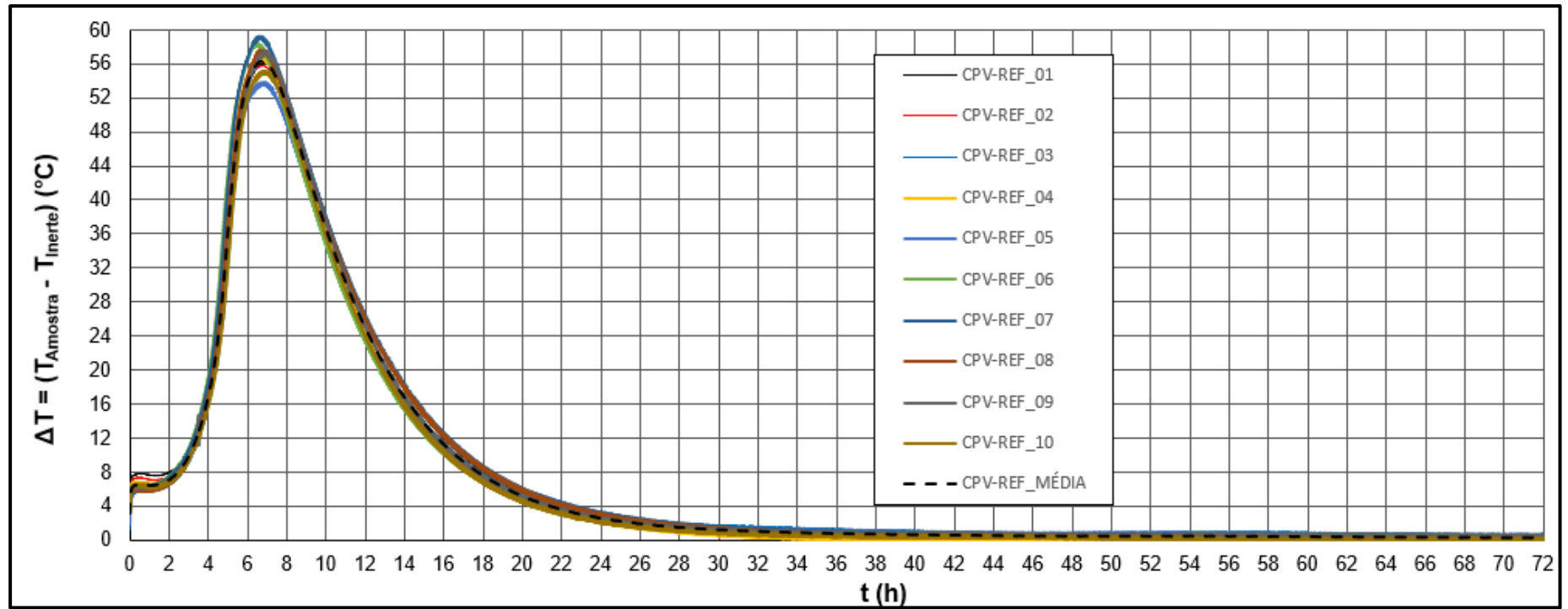


Figura 4.1 – Perfis térmicos das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI

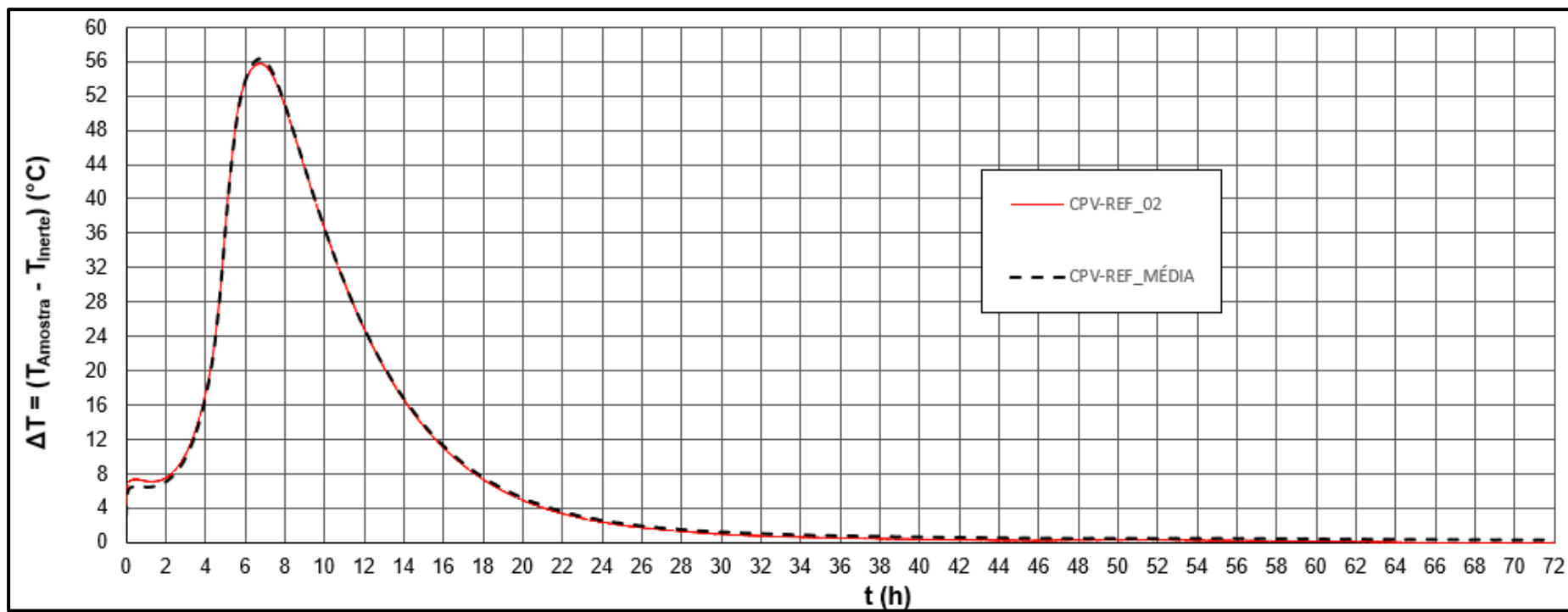


Figura 4.2 – Perfil térmico representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI

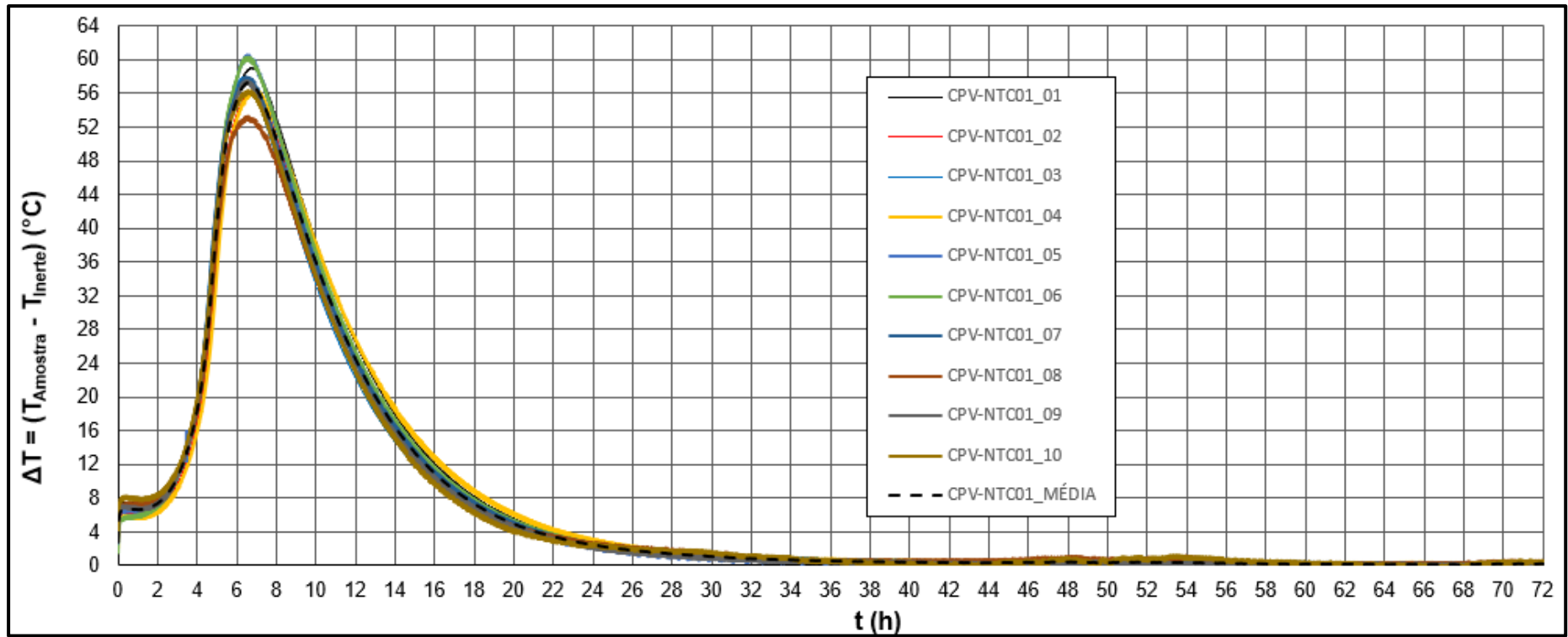


Figura 4.3 – Perfis térmicos das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC

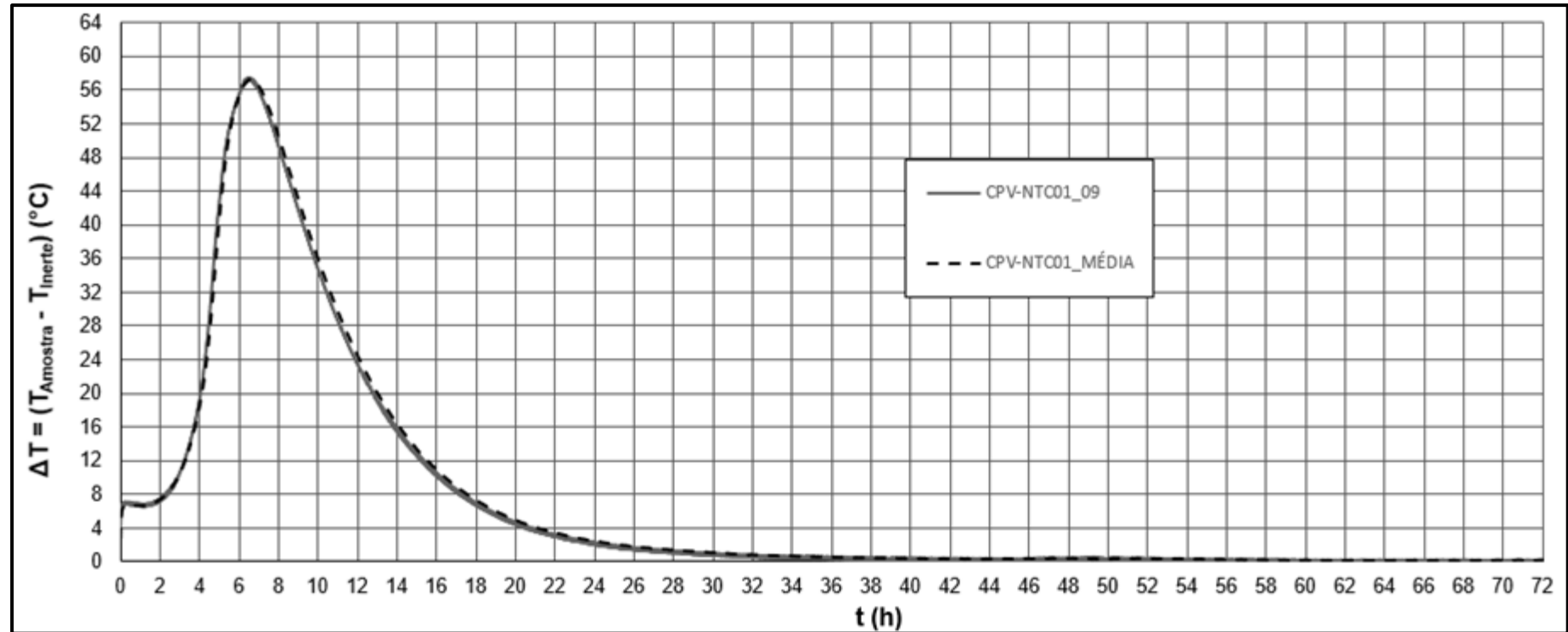


Figura 4.4 – Perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC

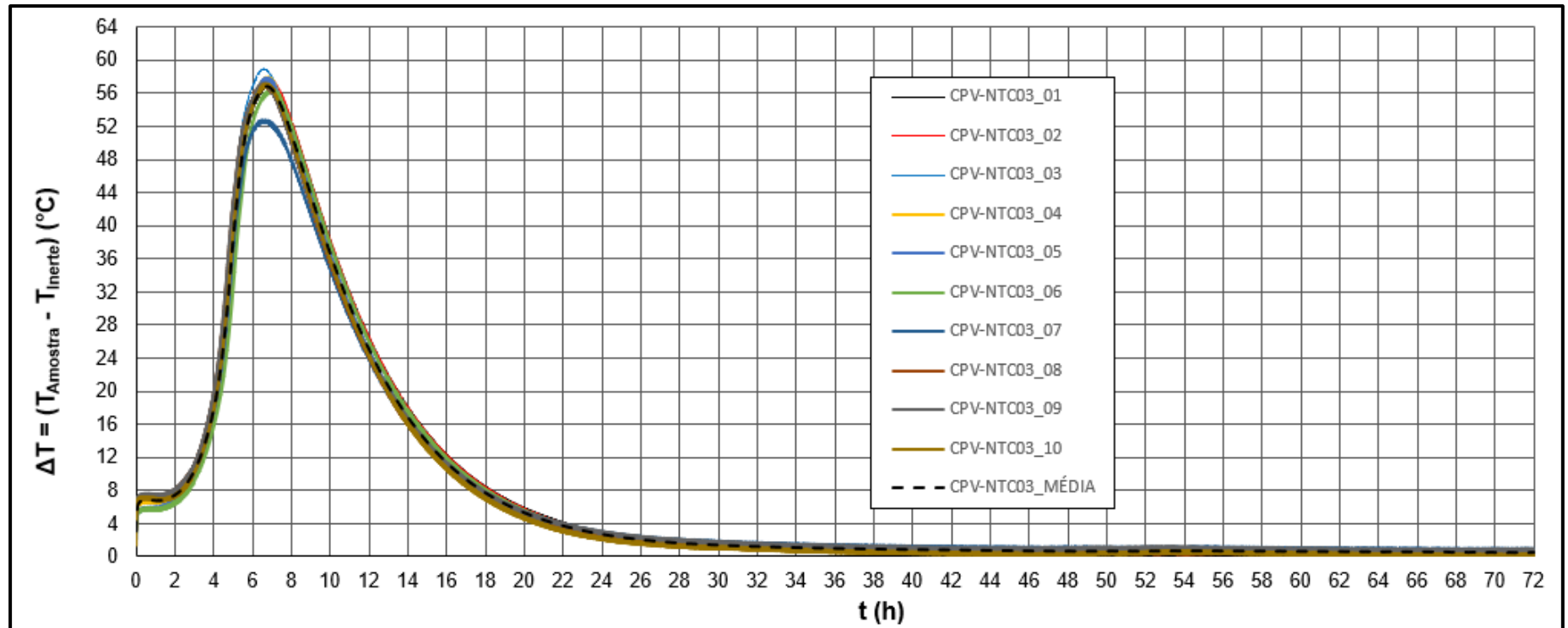


Figura 4.5 – Perfis térmicos das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,3% de NTC

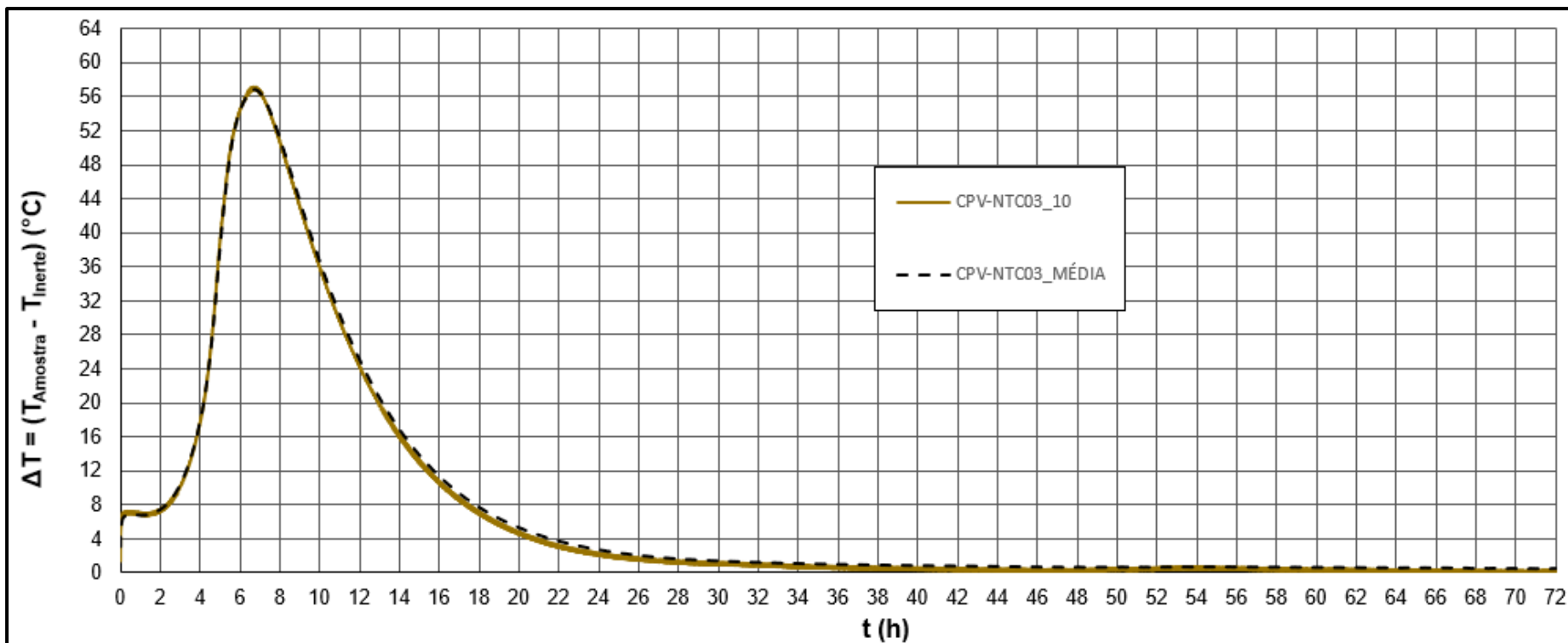


Figura 4.6 – Perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,3% de NTC

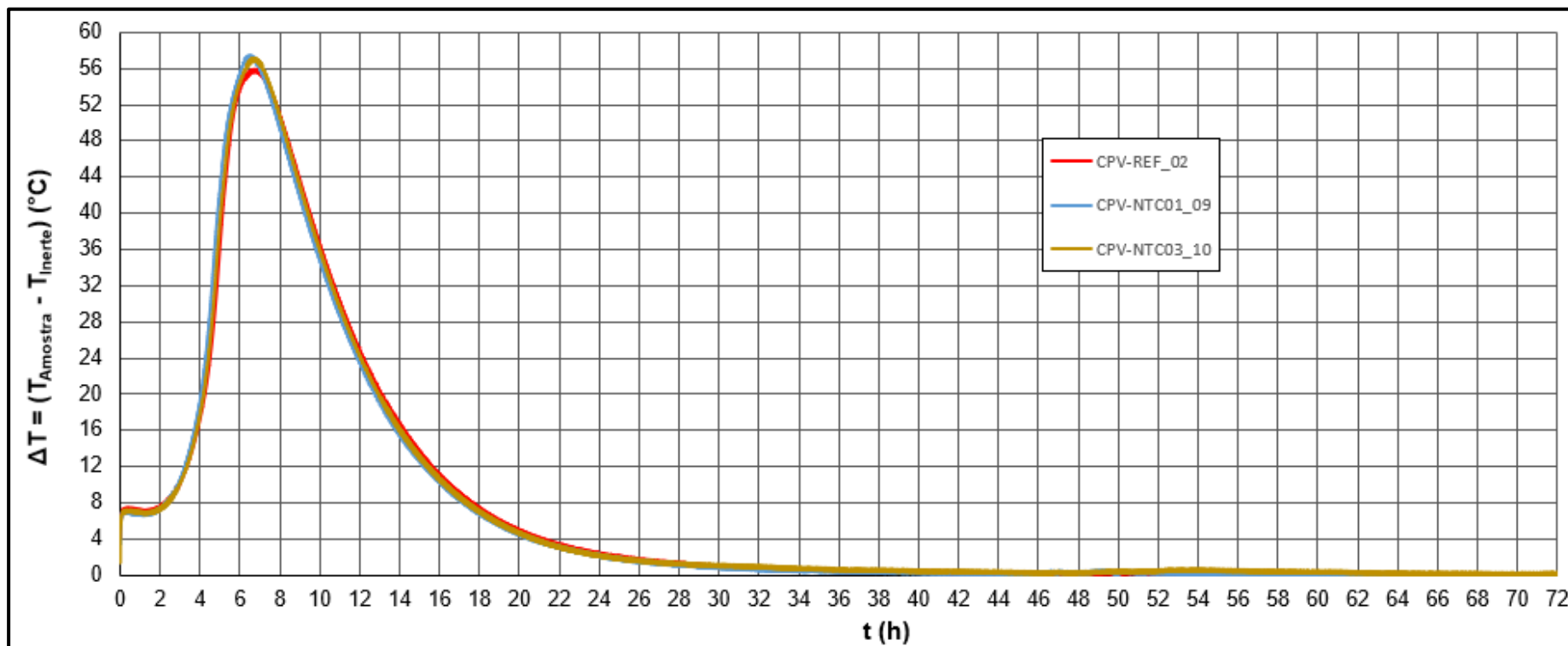


Figura 4.7 – Perfis térmicos representativos das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI com e sem NTC

A partir da Figura 4.7 pode-se observar que o pico principal das pastas de cimento com NTC01 e NTC03 ocorre praticamente no mesmo tempo em comparação com a pasta de referência. Portanto, o efeito da presença de diferentes teores de NTC nos perfis térmicos das pastas produzidas com cimento CPV-ARI não foi significativo.

A Figura 4.8 apresenta os 10 perfis térmicos bem como o perfil médio correspondente às pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS. Em seguida, a Figura 4.9 apresenta o perfil térmico da amostra representativa CPIII-REF_07. Para a escolha desta amostra representativa adotou-se o mesmo critério utilizado para a escolha do perfil representativo do CPV-ARI que foi baseado nos menores desvios-padrão em relação à média, em cada intervalo de tempo, dos valores de ΔT .

Analogamente, as Figuras 4.10 a 4.13 mostram os perfis térmicos das pastas fabricadas com CPIII-40 RS e com os teores de 0,1% de NTC e 0,3% NTC. O critério dos menores desvios-padrão de ΔT em relação à média foi novamente adotado.

Por sua vez, a Figura 4.14 indica os três perfis térmicos representativos das pastas fabricadas com CPIII-40 RS.

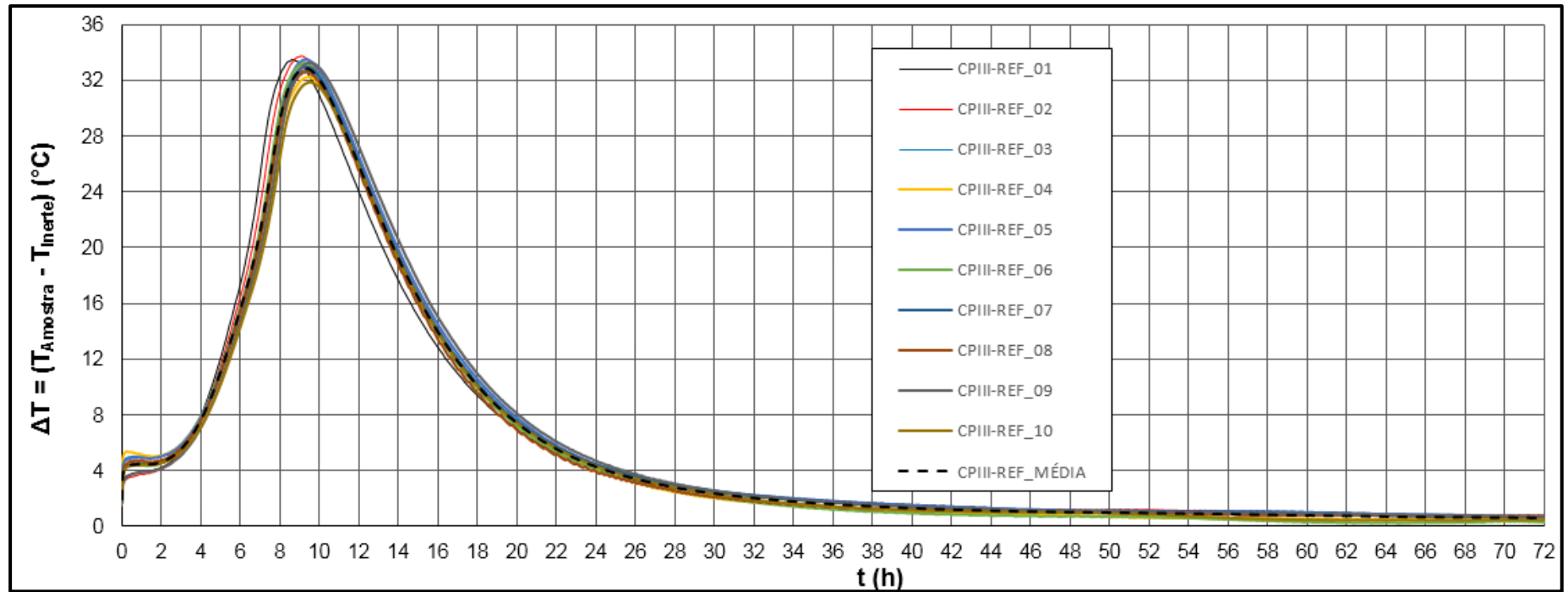


Figura 4.8 – Perfis térmicos das pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS

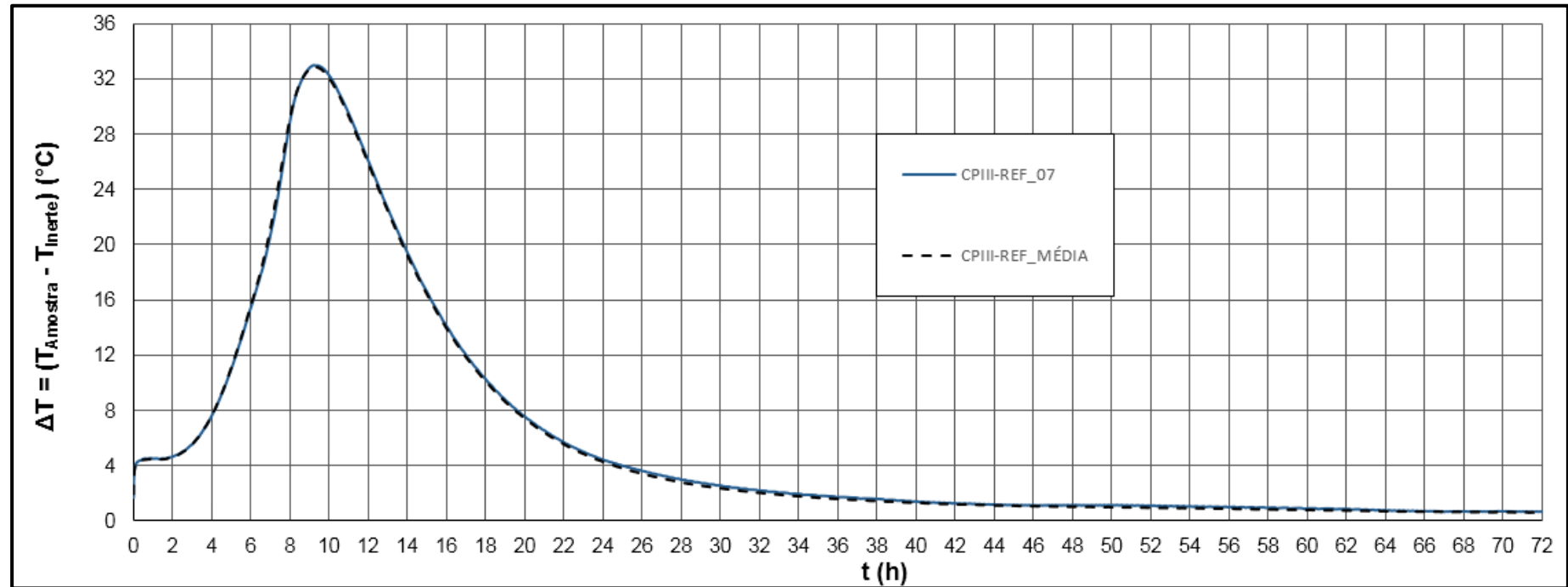


Figura 4.9 – Perfil térmico representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CIII-40 RS

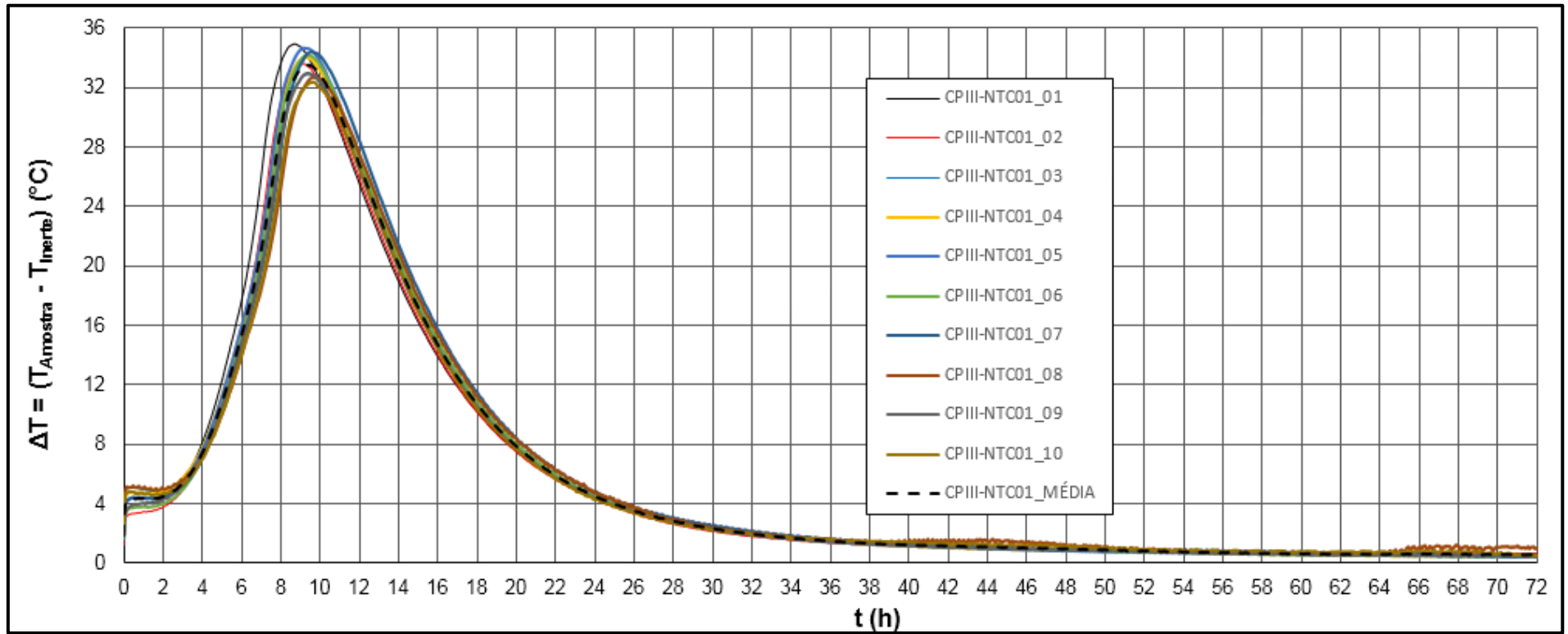


Figura 4.10 – Perfis térmicos das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,1% de NTC

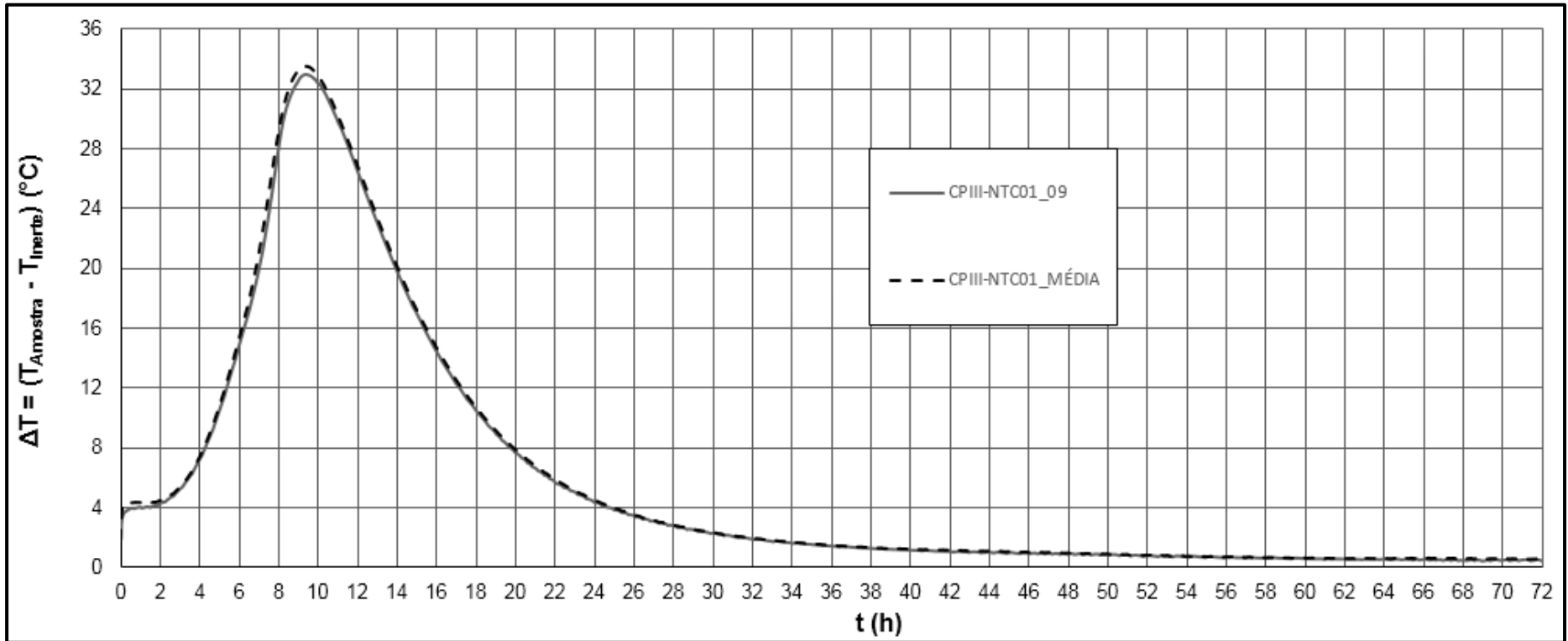


Figura 4.11 – Perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento C-III-40 RS e com 0,1% de NTC

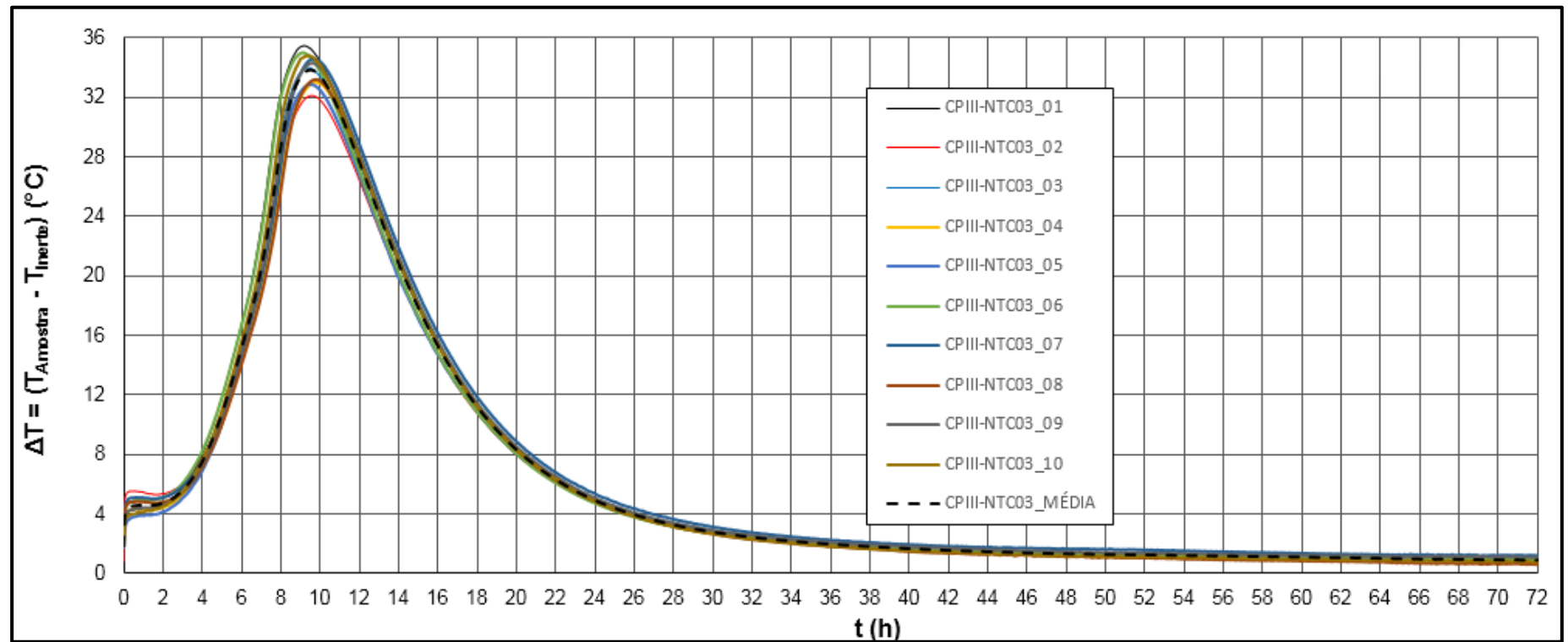


Figura 4.12 – Perfis térmicos das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,3% de NTC

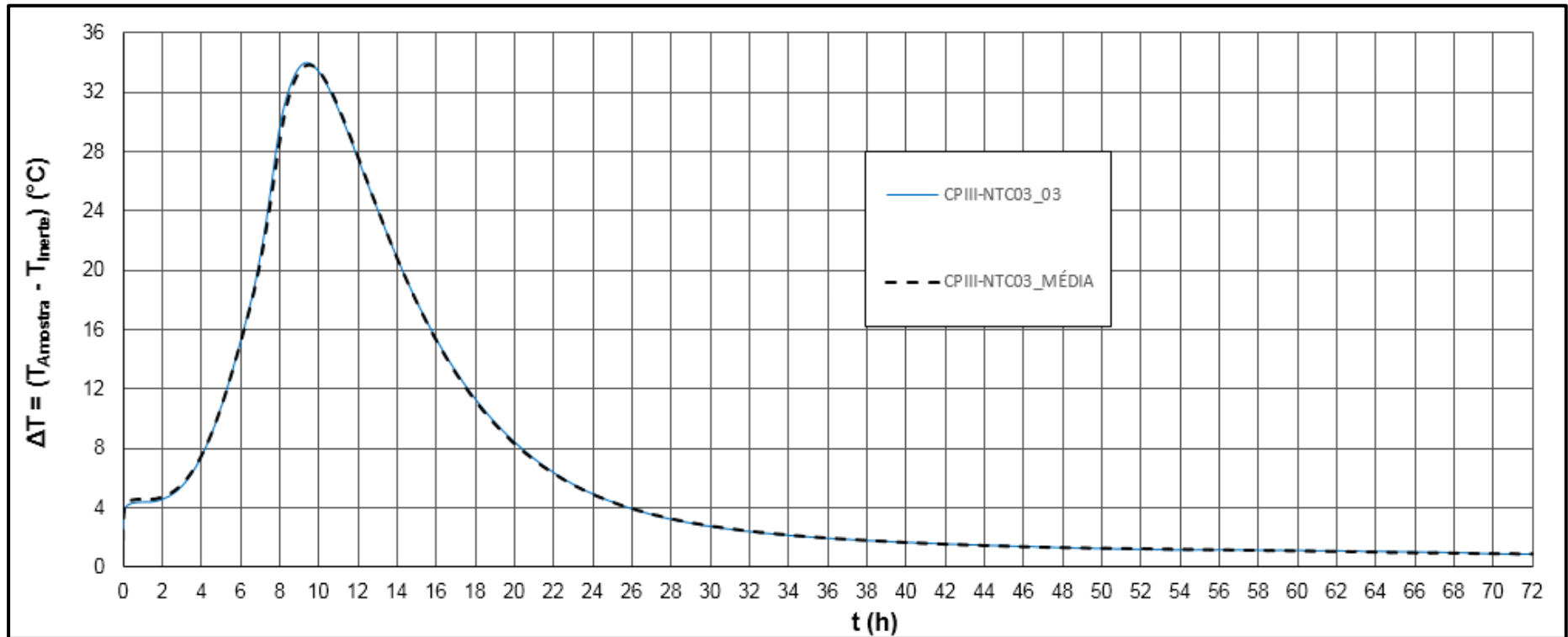


Figura 4.13 – Perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,3% de NTC

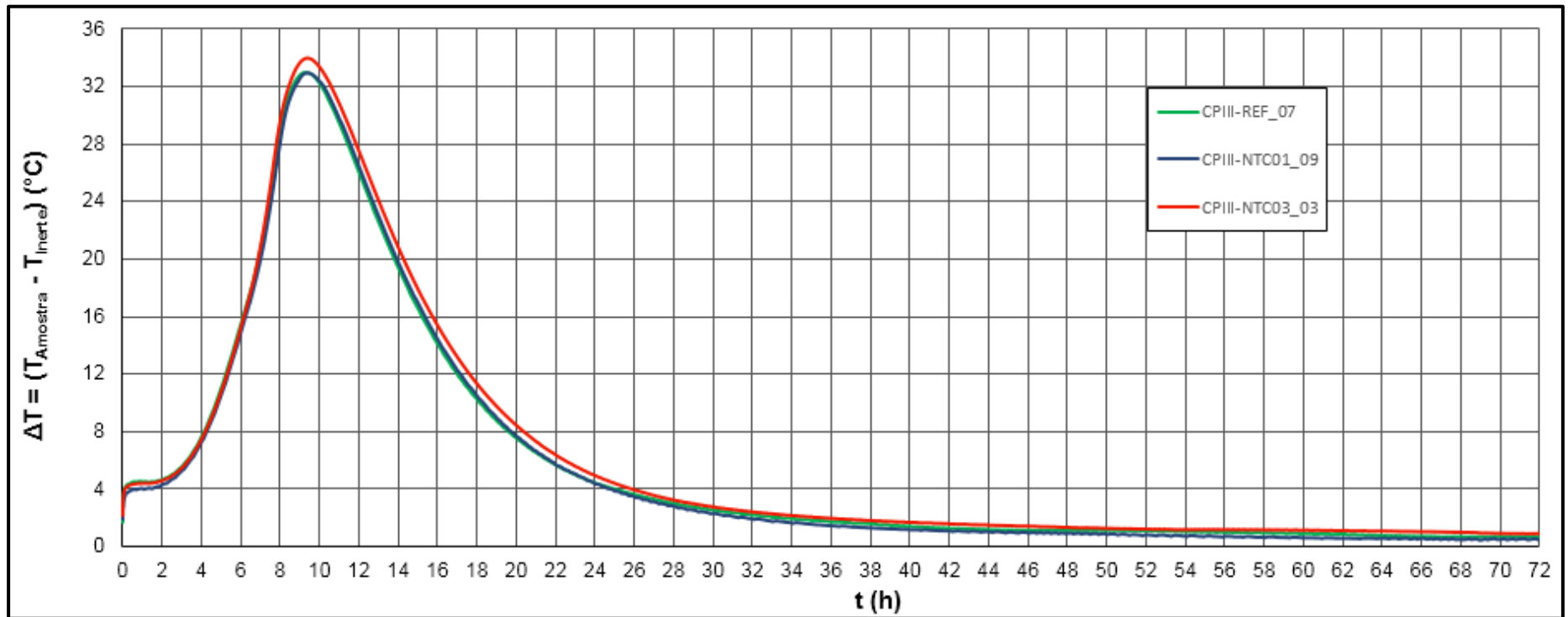


Figura 4.14 – Perfis térmicos representativos das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS com e sem NTC

A partir da Figura 4.14 pode-se observar que o pico principal das pastas de cimento com NTC01 e NTC03 ocorre praticamente no mesmo tempo em comparação com a pasta de referência. Portanto, o efeito da presença deste teor de NTC nos perfis térmicos das pastas fabricadas com CIII-40 RS não foi significativo.

4.2 Calor acumulado ao longo do processo de hidratação das pastas

Para obter as curvas de calor acumulado de cada pasta, os valores de ΔT medidos foram multiplicados pela massa térmica de cada um dos componentes de cada pasta, como explicado anteriormente. Em outras palavras, cada perfil térmico foi multiplicado pela massa térmica da referida pasta.

A Tabela 4.1 explicita como o calor acumulado, em unidade arbitrária (u. a.), das pastas representativas foi calculado. Os valores para cada instante de tempo podem ser vistos no Apêndice C.

Tabela 4.1 – Cálculo do calor acumulado das pastas representativas

| Denominação das amostras | Calor acumulado (u.a.) |
|--------------------------|--|
| CPV-REF | $[200 \cdot (0,0035 \cdot T + 0,5046) + 80 \cdot 4,18] \cdot \Delta T^*$ |
| CPV-NTC01 | $[198 \cdot (0,0035 \cdot T + 0,5046) + 2 \cdot (0,0035 \cdot T + 0,5509) + 80 \cdot 4,18] \cdot \Delta T^*$ |
| CPV-NTC03 | $[194 \cdot (0,0035 \cdot T + 0,5046) + 6 \cdot (0,0035 \cdot T + 0,5509) + 80 \cdot 4,18] \cdot \Delta T^*$ |
| CPIII-REF | $[200 \cdot (0,0045 \cdot T + 0,4807) + 80 \cdot 4,18] \cdot \Delta T^*$ |
| CPIII-NTC01 | $[198 \cdot (0,0045 \cdot T + 0,4807) + 2 \cdot (0,0035 \cdot T + 0,5509) + 80 \cdot 4,18] \cdot \Delta T^*$ |
| CPIII-NTC03 | $[194 \cdot (0,0045 \cdot T + 0,4807) + 6 \cdot (0,0035 \cdot T + 0,5509) + 80 \cdot 4,18] \cdot \Delta T^*$ |

$$*\Delta T = (T_{\text{Amostra}} - T_{\text{Inerte}}) (\text{°C})$$

A Figura 4.15 apresenta as 10 curvas de calor acumulado, em unidade arbitrária (u.a.) e a curva de calor acumulado médio correspondentes às pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI. Em seguida, a Figura 4.16 apresenta a curva de calor acumulado médio juntamente com a representativa. A escolha desta amostra representativa adotou o mesmo critério utilizado para a escolha dos perfis térmicos representativos das pastas fabricadas com cimentos Portland que foi baseado nos menores desvios-padrão em relação à média, em cada intervalo de tempo, dos valores de ΔT .

Analogamente, as Figuras 4.17 a 4.20 mostram as curvas de calor acumulado das pastas fabricadas com CPV-ARI e com os teores de 0,1% de NTC e 0,3% NTC, sendo adotado o mesmo critério descrito anteriormente para a escolha da curva representativa.

Por sua vez, a Figura 4.21 indica as três curvas de calor acumulado representativas das pastas fabricadas com CPV-ARI.

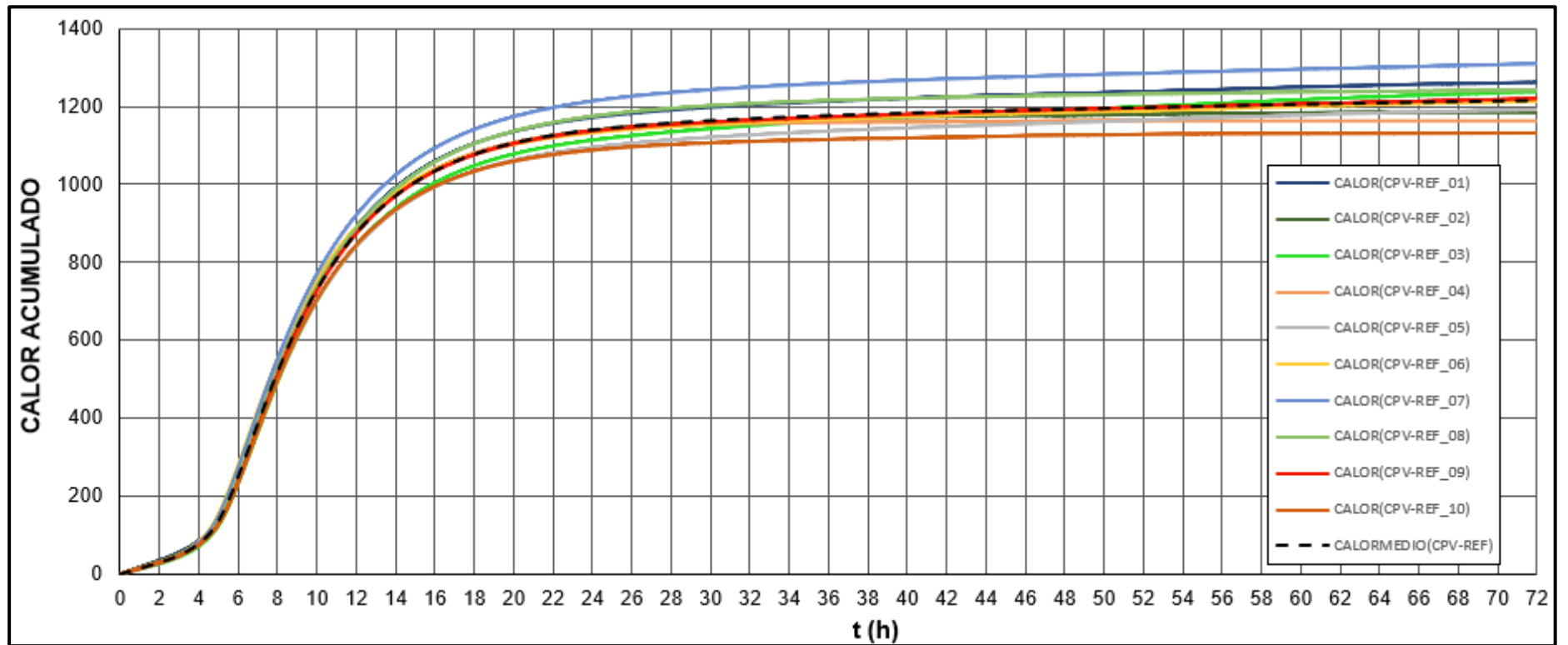


Figura 4.15 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI

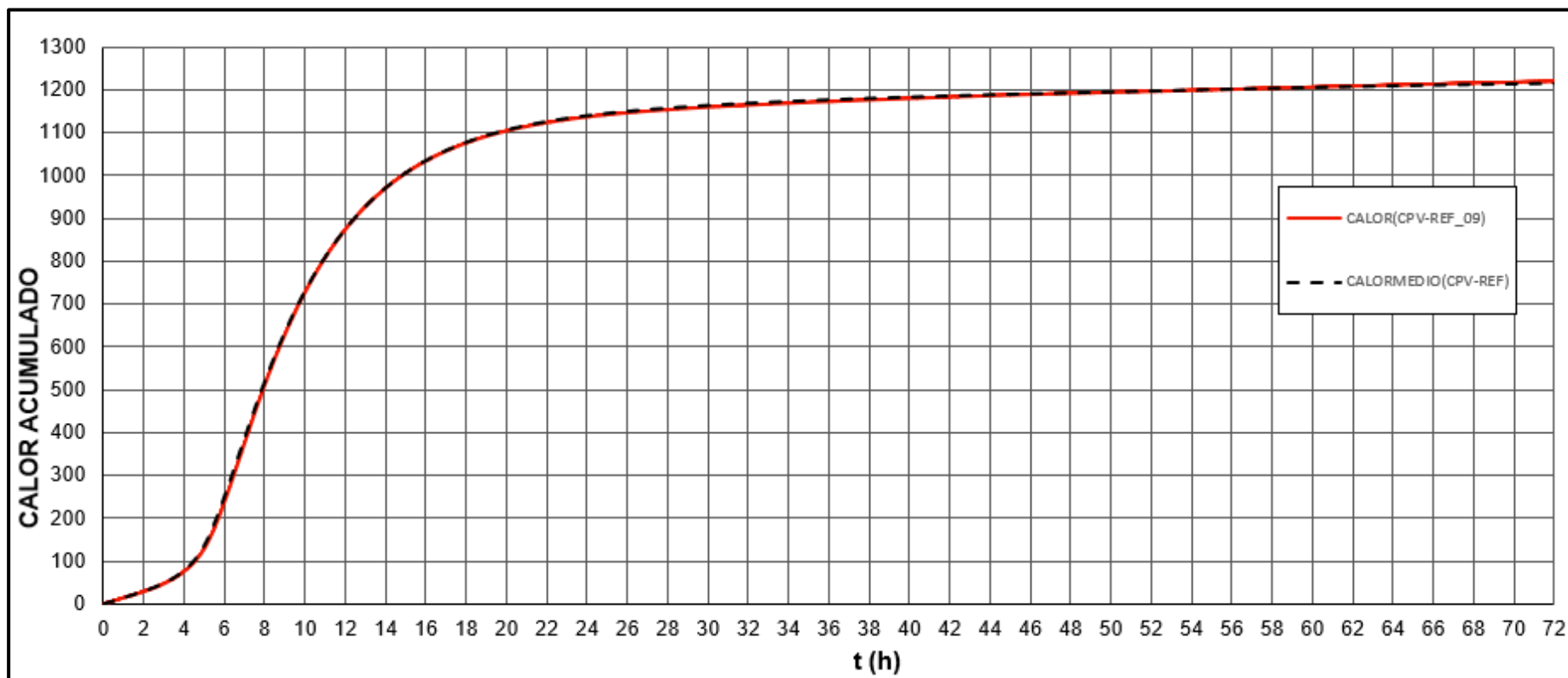


Figura 4.16 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI

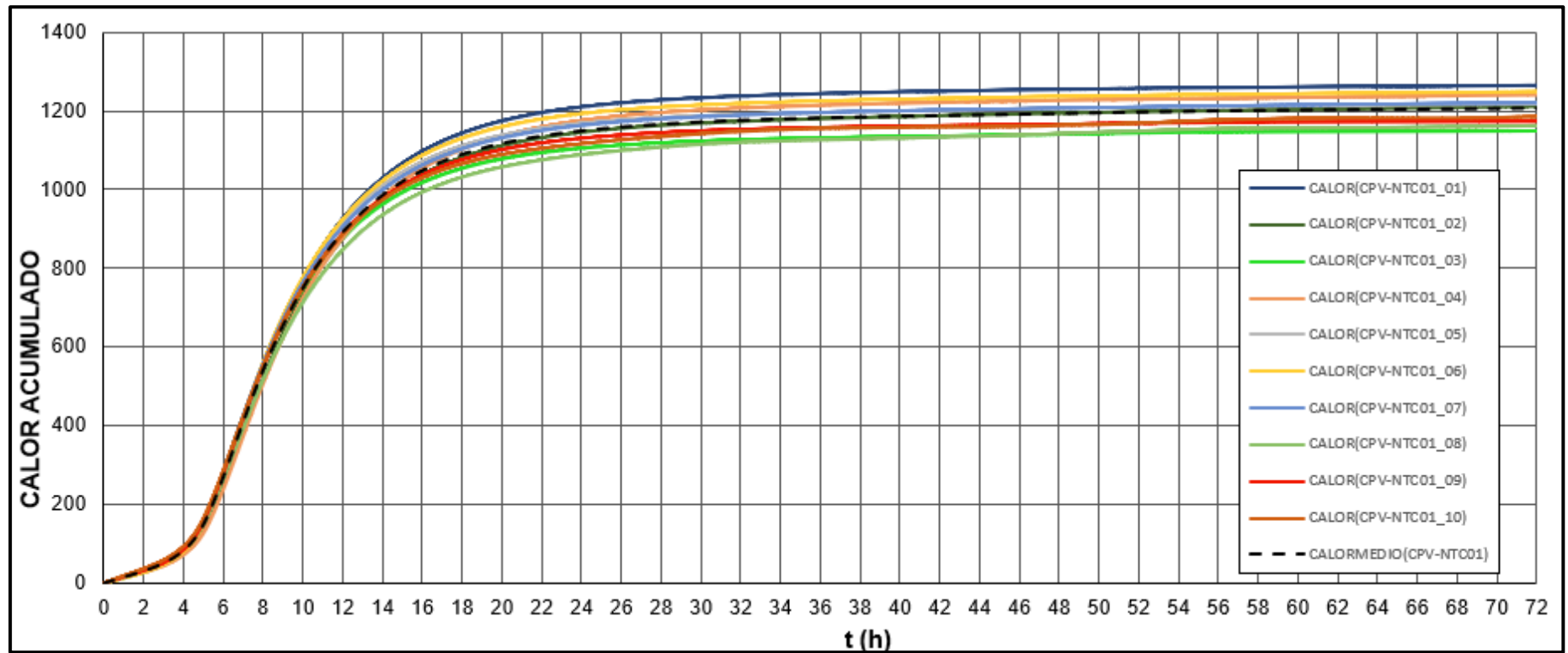


Figura 4.17 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC

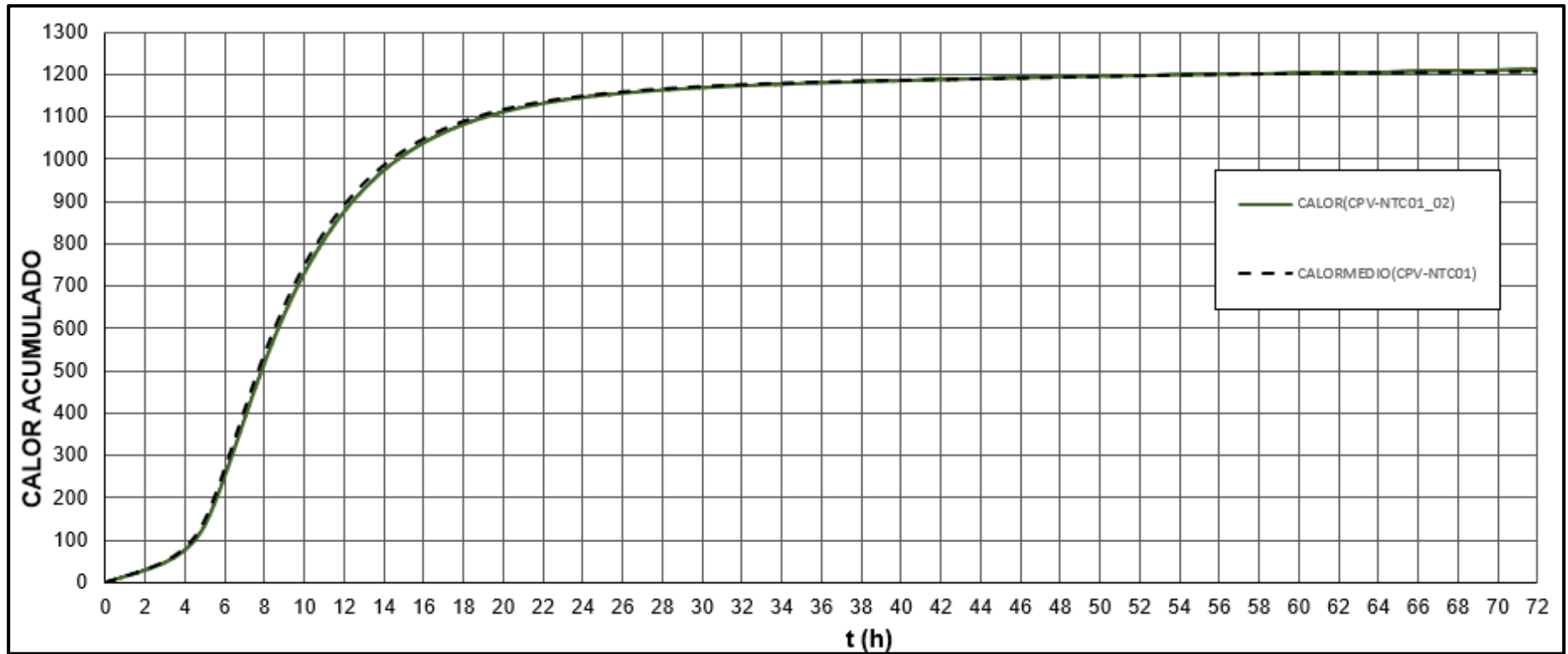


Figura 4.18 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC

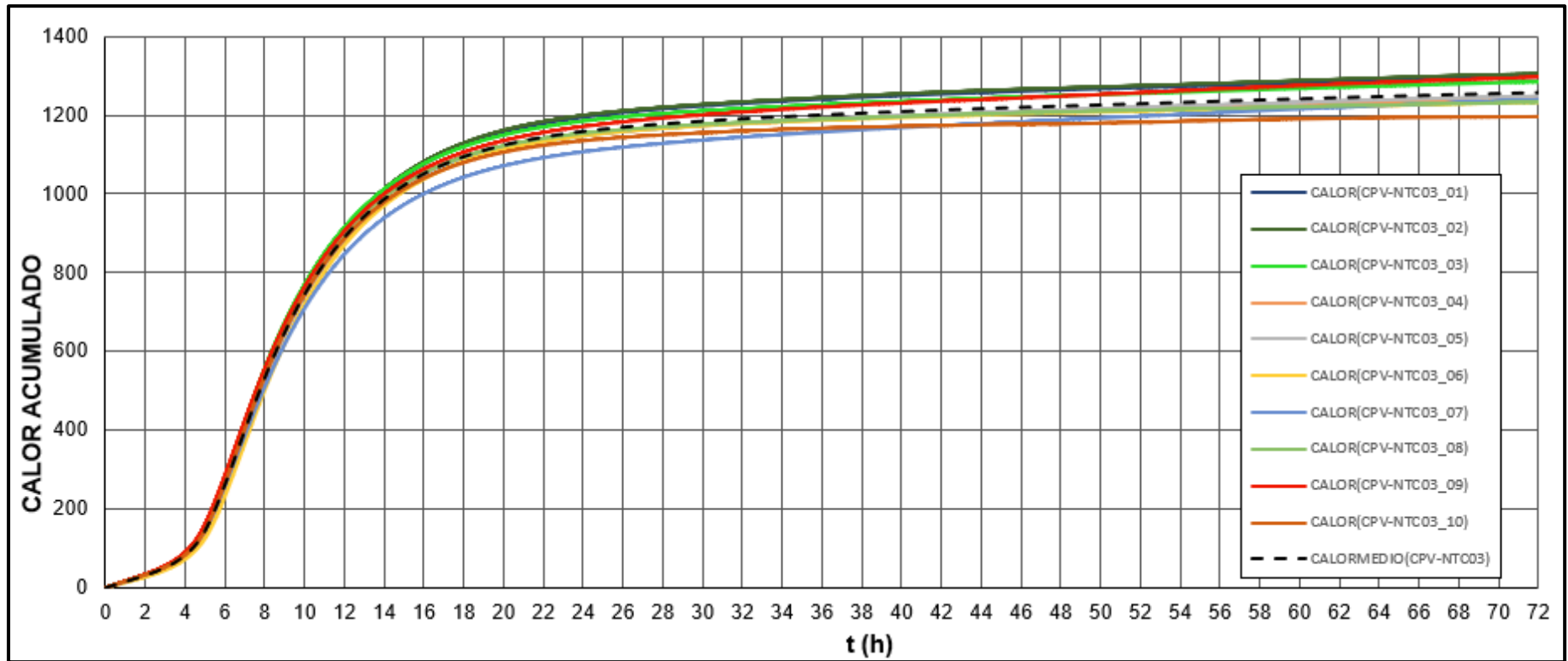


Figura 4.19 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,3% de NTC

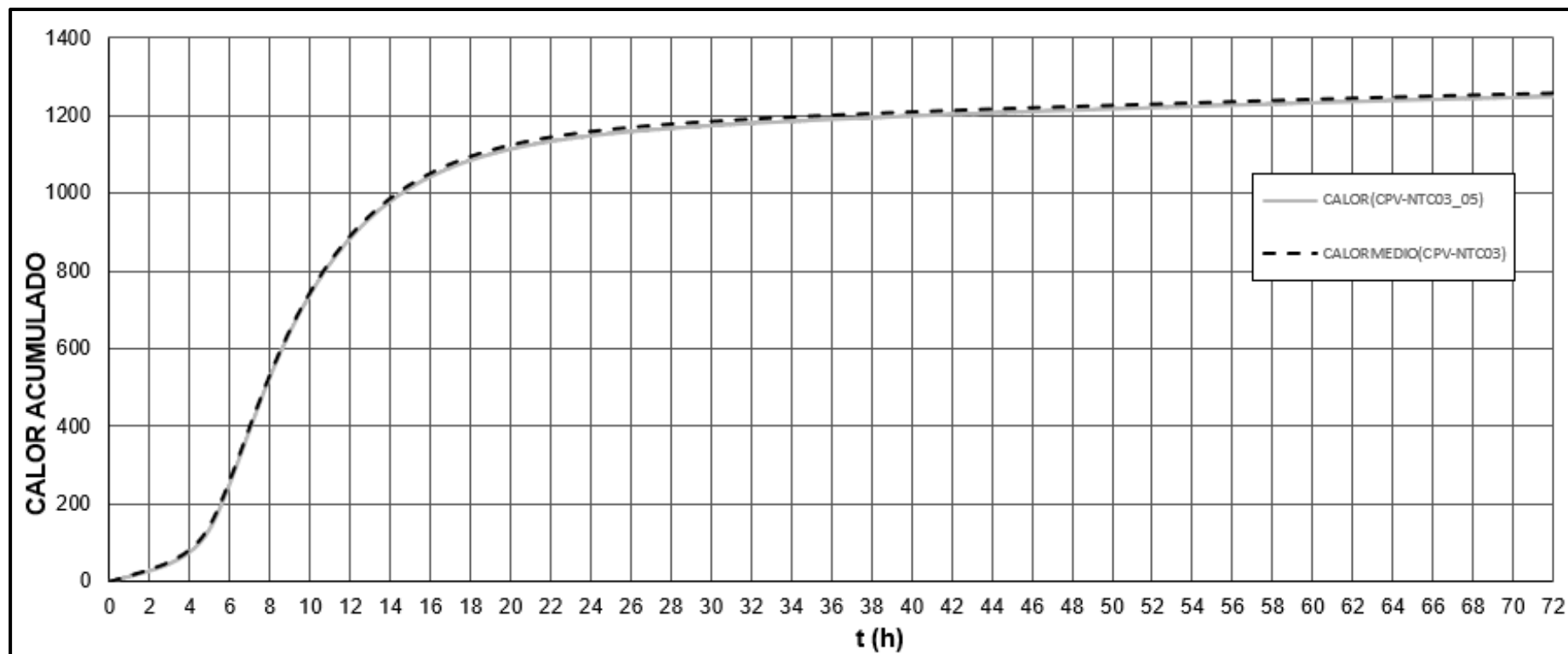


Figura 4.20 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,3% de NTC

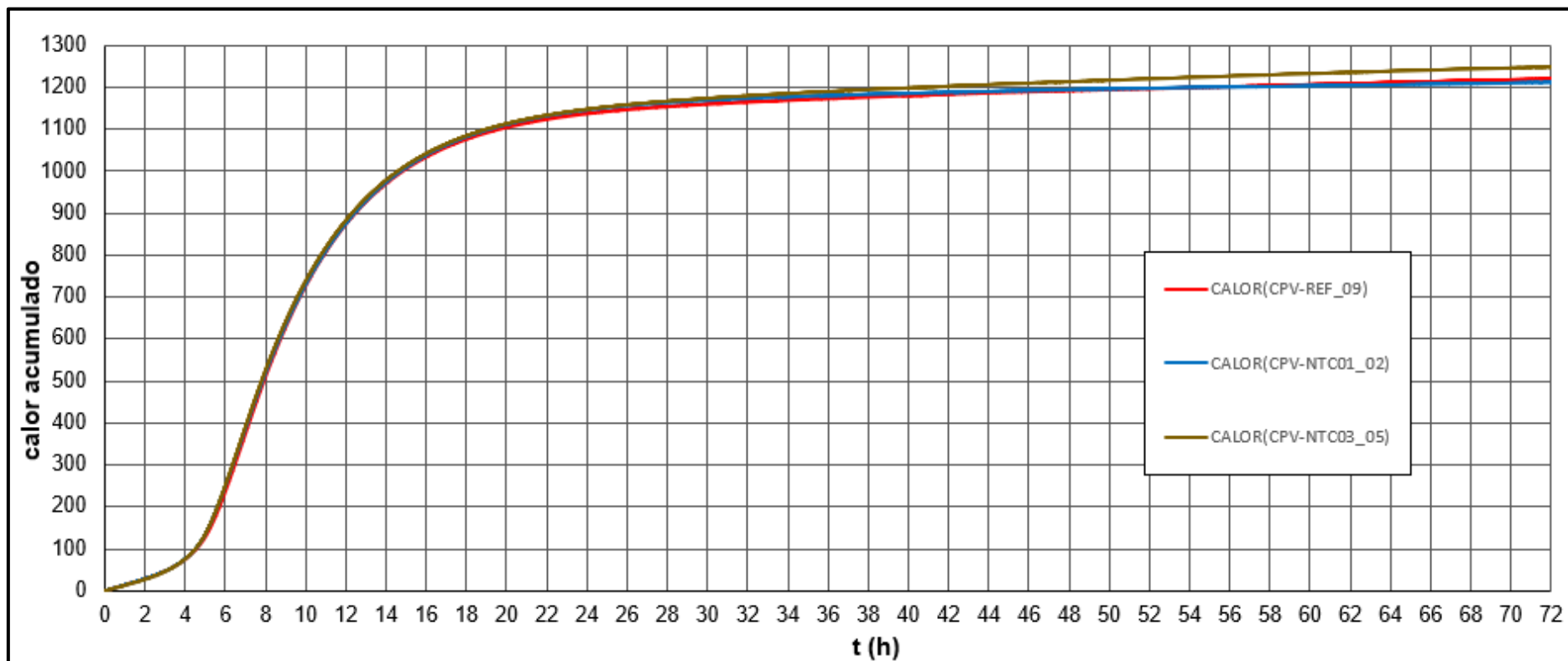


Figura 4.21 – Curvas de calor acumulado (u.a.) representativas das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI com e sem NTC

A Tabela 4.2 apresenta os valores de calor acumulado médio, em unidade arbitrária, com os respectivos desvios-padrão das pastas fabricadas com CPV-ARI com e sem NTC. Por sua vez, a tabela 4.3 apresenta os valores de calor acumulado das pastas representativas fabricadas com CPV-ARI.

Tabela 4.2 – Calor acumulado (u.a.) médio das pastas fabricadas com CPV-ARI

| Denominação das pastas | Calor acumulado médio (até 24 h) | Calor acumulado médio (até 72 h) |
|-------------------------------|---|---|
| REF | 1140 ± 38 | 1216 ± 51 |
| NTC01 | 1150 ± 39 | 1207 ± 39 |
| NTC03 | 1159 ± 29 | 1258 ± 36 |

Tabela 4.3 – Calor acumulado (u.a.) das pastas representativas fabricadas com CPV-ARI

| Denominação da amostra | Calor acumulado (até 24 h) | Calor acumulado (até 72 h) |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| CPV-REF_09 | 1137 | 1220 |
| CPV-NTC01_02 | 1146 | 1212 |
| CPV-NTC03_05 | 1148 | 1248 |

O efeito dos teores de 0,1 % e de 0,3 % de NTC sobre o calor acumulado (até 24h e até 72h) das pastas representativas fabricadas com CPV-ARI, em relação à pasta de referência, foi praticamente nulo, conforme pode ser visto na Figura 4.21. Ao final de 24 horas de hidratação, conforme mostra a Tabela 4.2, percebe-se que houve um aumento de 10 u.a. no calor acumulado da pasta com 0,1% de NTC em relação à pasta de referência e um aumento de 19 u.a. no calor acumulado da pasta com 0,3% de NTC. Tais aumentos correspondem, respectivamente, a apenas 1 % e 2 % do valor do calor acumulado. Ao final das 72 horas de hidratação, de acordo com os valores apresentados na Tabela 4.2, verificou-se uma queda de 9 u.a. no calor acumulado da pasta com 0,1 % de NTC em relação à pasta de referência fabricada com CPV-ARI e um aumento de 42 u.a. no calor acumulado da pasta com

0,3% de NTC em relação à pasta sem nanotubos de carbono. Tais aumentos correspondem, respectivamente, a apenas 0,8 % e 3,5 % do valor do calor acumulado nesse período. Sendo assim, pode-se concluir que o efeito dos teores de 0,1% e 0,3% de NTC no calor acumulado de pastas fabricadas com CPV-ARI não é significativo.

A mesma análise do calor acumulado foi feita com as pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS. A Figura 4.22 apresenta as 10 curvas de calor acumulado, em unidade arbitrária (u.a.) e a curva de calor acumulado médio correspondentes às pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS. Na sequência, a Figura 4.23 apresenta a curva de calor acumulado médio e a representativa. Para a escolha desta amostra representativa adotou-se o mesmo critério utilizado para a escolha dos perfis térmicos representativos das pastas fabricadas com cimentos Portland que foi baseado nos menores desvios-padrão em relação à média, em cada intervalo de tempo, dos valores de ΔT .

Analogamente, as Figuras 4.24 a 4.27 mostram as curvas de calor acumulado das pastas fabricadas com CPIII-40 RS e com os teores de 0,1% de NTC e 0,3% NTC, sendo adotado o mesmo critério descrito anteriormente para a escolha da curva representativa.

Por sua vez, a Figura 4.28 indica as três curvas de calor acumulado representativas das pastas fabricadas com CPIII-40 RS.

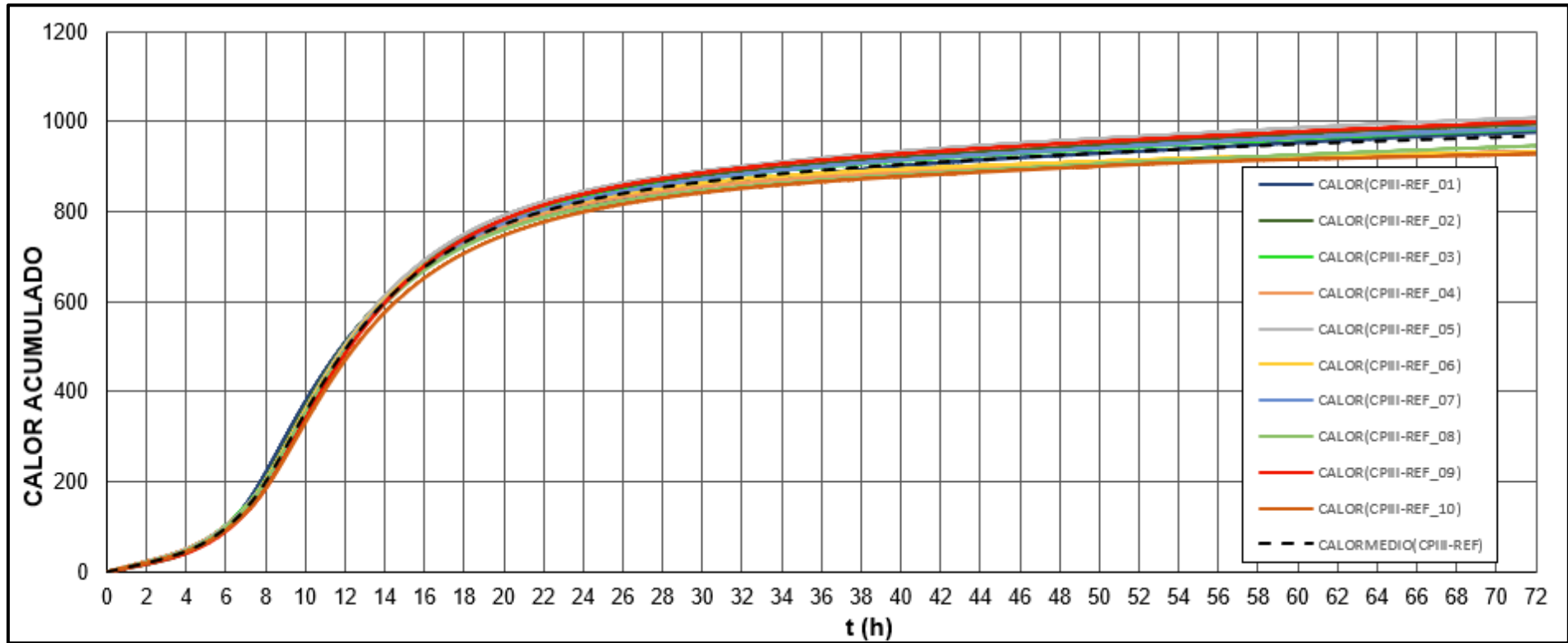


Figura 4.22 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS

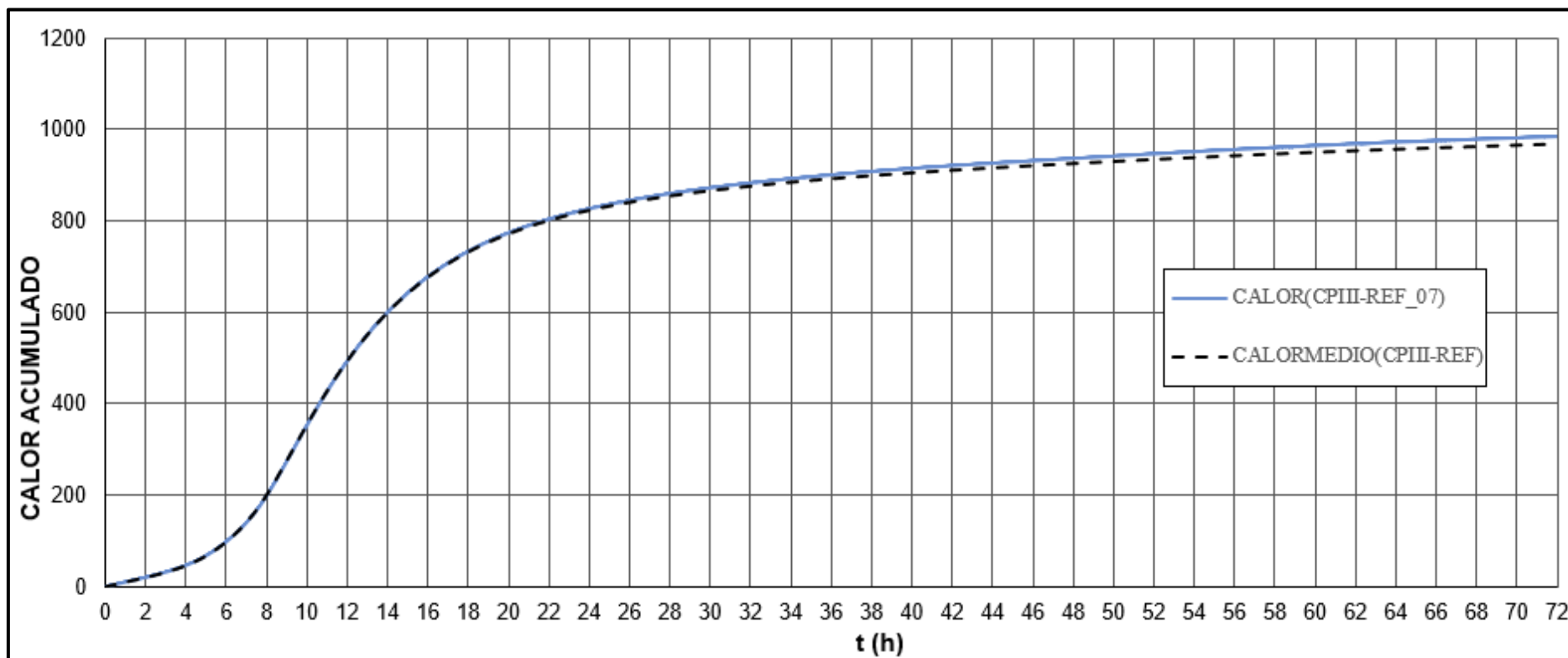


Figura 4.23 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS

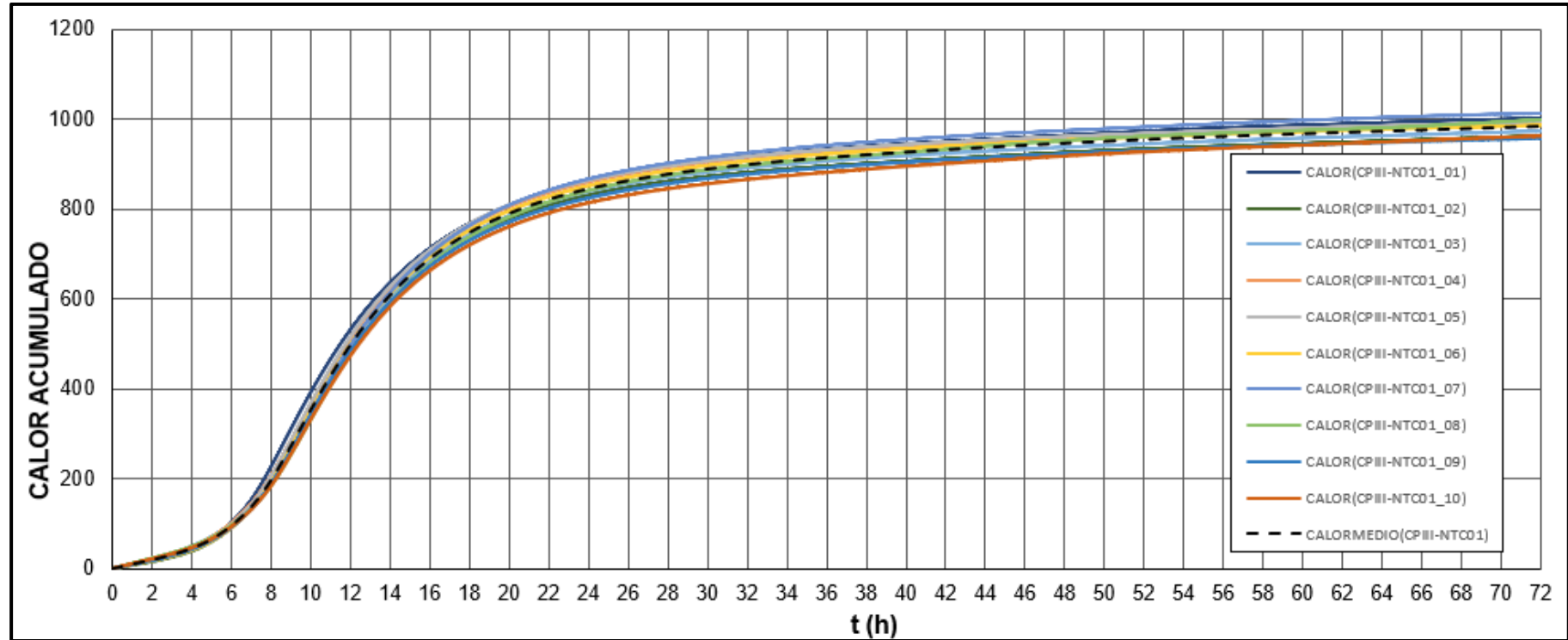


Figura 4.24 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas fabricadas com cimento C-III-40 RS e com 0,1% de NTC

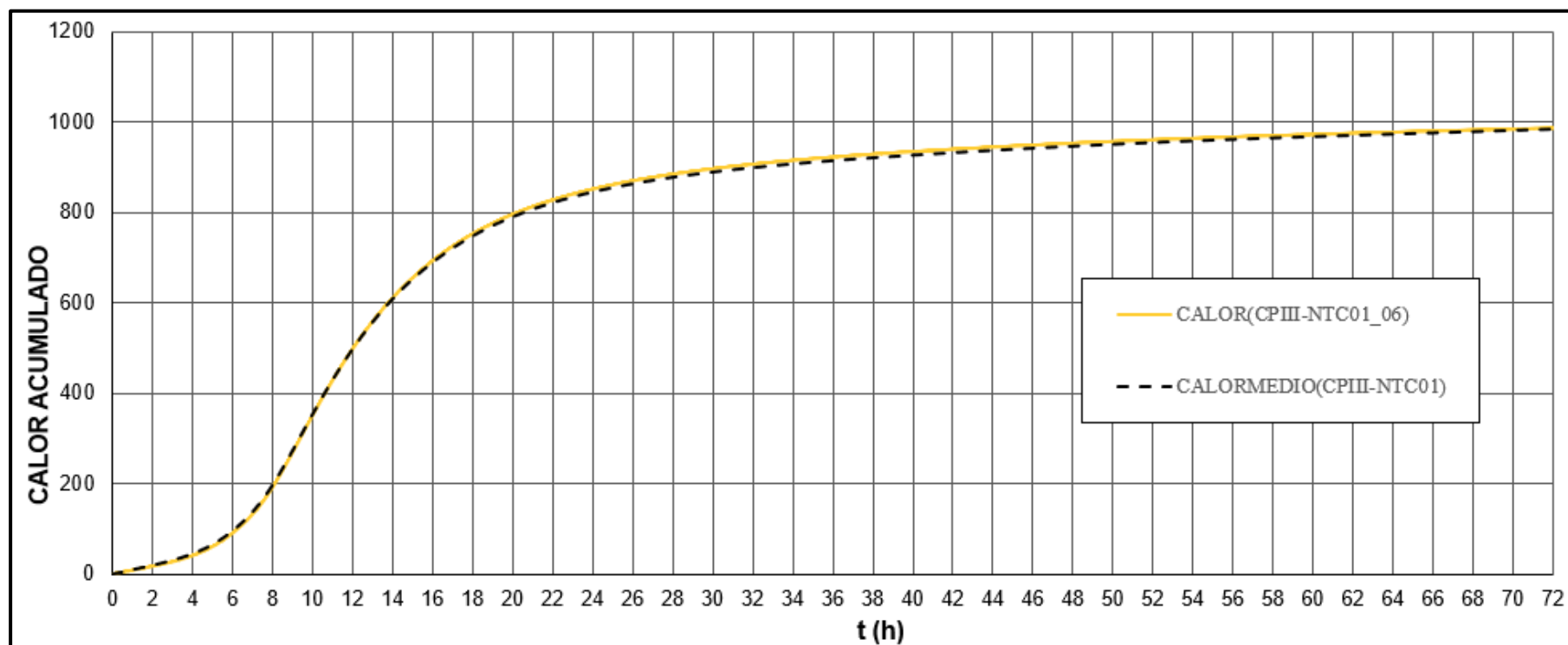


Figura 4.25 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas fabricadas com cimento CPIII-40 RS e com 0,1% de NTC

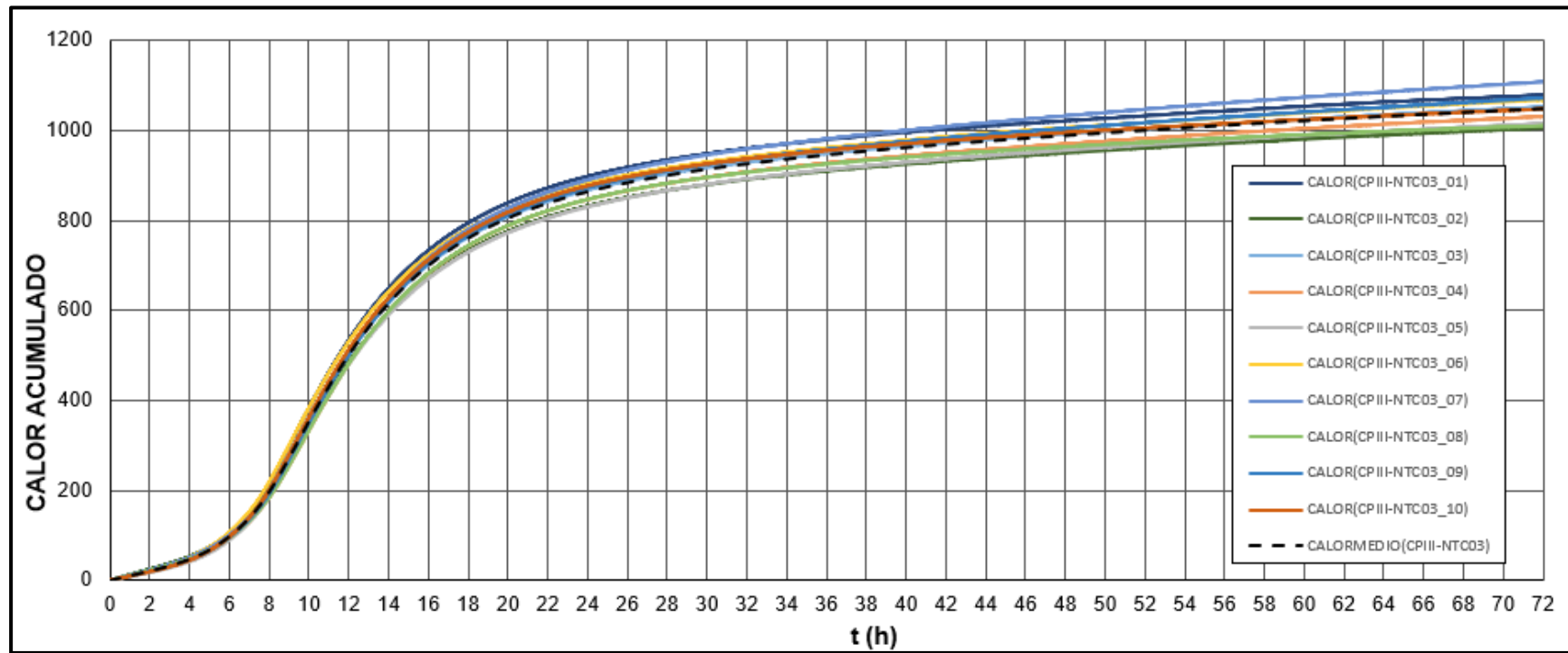


Figura 4.26 – Curvas de calor acumulado (u.a.) das pastas fabricadas com cimento CP III-40 RS e com 0,3% de NTC

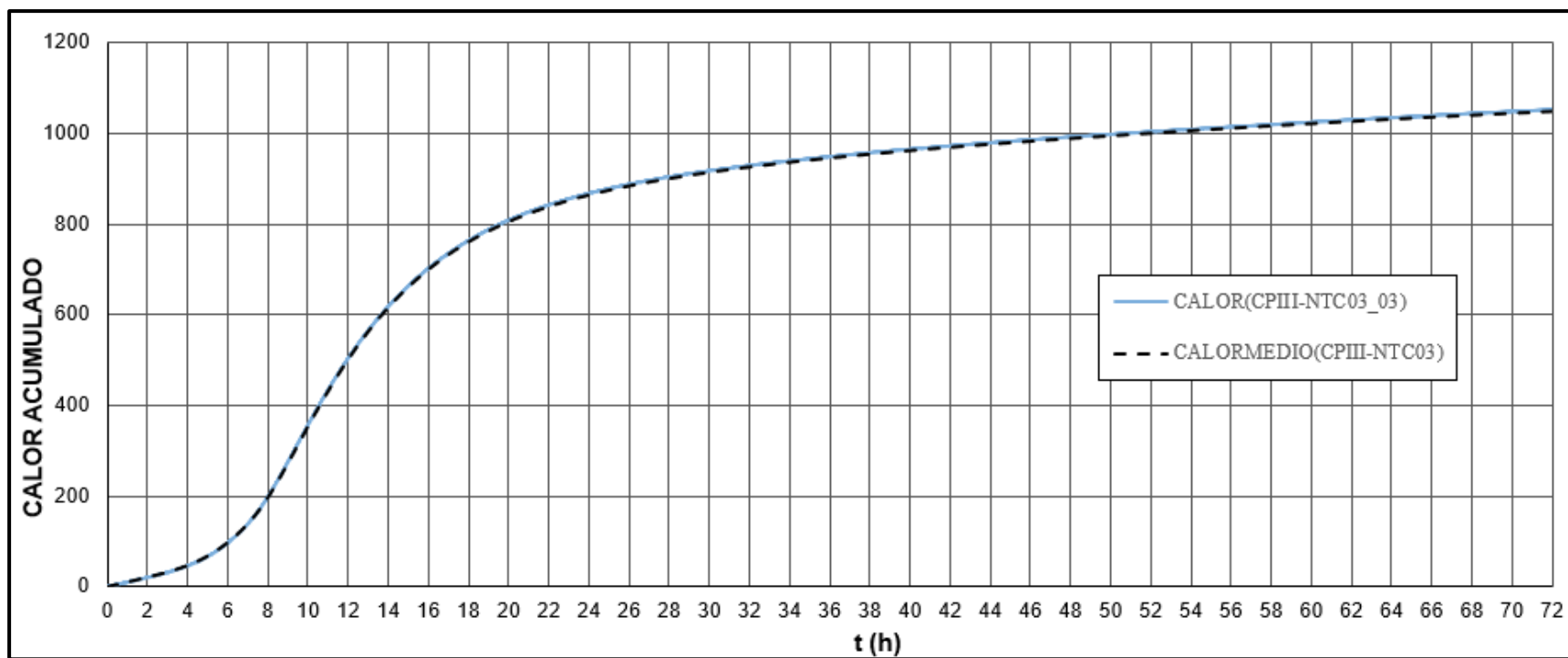


Figura 4.27 – Calor acumulado (u.a.) representativo das pastas fabricadas com cimento CIII-40 RS e com 0,3% de NTC

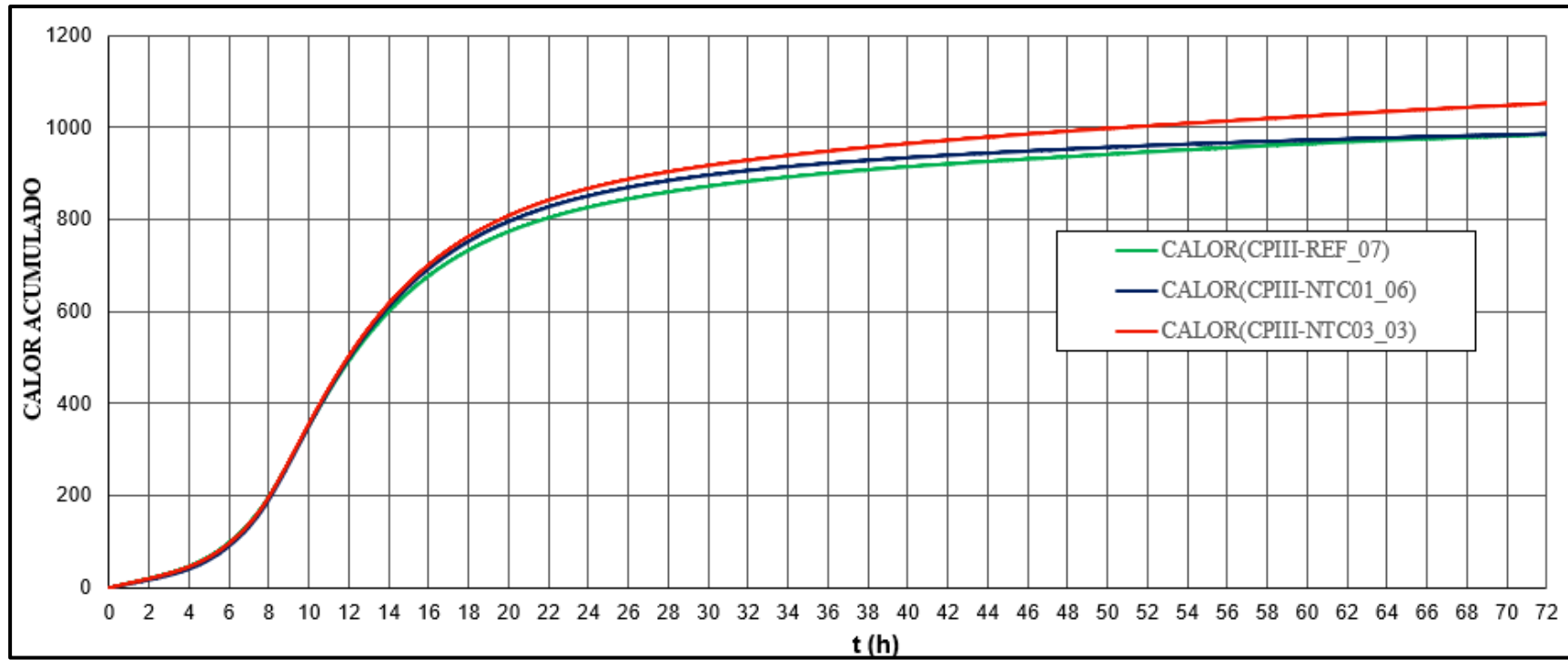


Figura 4.28 – Curvas de calor acumulado(u.a.) representativas das pastas fabricadas com cimento CIII-40 RS com e sem NTC

A Tabela 4.4 apresenta os valores de calor acumulado médio, unidade arbitrária, com os respectivos desvios-padrão das pastas fabricadas com CPIII-40 RS com e sem NTC. Por sua vez, a tabela 4.5 apresenta os valores de calor acumulado das pastas representativas fabricadas com CPIII-40 RS.

Tabela 4.4 – Calor acumulado (u.a.) médio das pastas fabricadas com CPIII-40 RS

| Denominação das pastas | Calor acumulado médio (até 24 h) | Calor acumulado médio (até 72 h) |
|-------------------------------|---|---|
| REF | 823 ± 14 | 969 ± 30 |
| NTC01 | 845 ± 18 | 984 ± 19 |
| NTC03 | 864 ± 24 | 1049 ± 34 |

Tabela 4.5 – Calor acumulado (u.a.) das pastas representativas de CPIII-40 RS

| Denominação da amostra | Calor acumulado (até 24 h) | Calor acumulado (até 72 h) |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| CPIII-REF_07 | 827 | 985 |
| CPIII-NTC01_06 | 851 | 986 |
| CPIII-NTC03_03 | 867 | 1052 |

O efeito dos teores de 0,1 % e de 0,3 % de NTC sobre o calor acumulado (até 24 horas e até 72 horas) das pastas representativas fabricadas com CPIII 40RS, em relação à pasta de referência é melhor percebido que os resultados com as pastas fabricadas com CPV-ARI. Da Tabela 4.4, nas primeiras 24 horas, pode ser verificado que houve um aumento de 22 u.a. de calor acumulado na pasta com 0,1 % de NTC em relação à pasta de referência e um aumento de 41 u.a. de calor acumulado na pasta com 0,3 % de NTC quando comparada com a pasta sem nanotubos de carbono. Estes aumentos correspondem, respectivamente, a 3 % e 5% do valor do calor acumulado. No final das 72 horas de hidratação, houve um aumento de 15 u.a. no calor acumulado da pasta com 0,1% de NTC em relação à pasta de referência e um aumento de 80 u.a. no calor acumulado da pasta com 0,3% de NTC. Pode-se concluir que o efeito do teor de 0,3% de NTC no calor acumulado até 72 horas de pastas fabricadas com CPIII 40 RS foi um aumento

correspondente a 8 % do valor do calor acumulado e que o efeito do teor de 0,1% de NTC no calor acumulado das pastas fabricadas com CPIII-40 RS não foi significativo.

4.3 Tempos de Pega determinados pela Análise de Vicat

Conforme dito na seção 3.7, os tempos de início e fim de pega, determinados pela análise de Vicat, foram obtidos de 3 amostras de cada teor de NTC (REF, NTC01 e NTC03) para os dois tipos de cimento Portland.

Os resultados decorrentes das medições estão apresentados no Apêndice E. A Tabela 4.6 apresenta os valores médios para cada teor com os respectivos desvios-padrão.

Tabela 4.6 – Resultados da Análise de Vicat

| Análise de Vicat | | |
|------------------|----------------|-------------|
| Amostras | Tempos de Pega | |
| | Início (min) ■ | Fim (min) ▲ |
| CPV-REF | 212 ± 7 | 268 ± 6 |
| CPV-NTC01 | 214 ± 9 | 247 ± 8 |
| CPV-NTC03 | 230 ± 3 | 269 ± 8 |
| CPIII-REF | 336 ± 1 | 370 ± 5 |
| CPIII-NTC01 | 305 ± 2 | 332 ± 5 |
| CPIII-NTC03 | 297 ± 3 | 345 ± 8 |

Analisando os valores da Tabela 4.6, pode-se verificar que as pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1 % de NTC apresentaram um acréscimo de 2 min no tempo de início de pega quando comparadas com as pastas de referência fabricadas com CPV-ARI. Este valor é inferior ao desvio-padrão de 7 min do CPV-REF. As pastas fabricadas com CPV-ARI e com 0,3% de NTC apresentaram um aumento de 18 min no tempo de início de pega quando comparadas com as pastas de referência fabricadas com o mesmo cimento Portland, o que corresponde a 2,8 vezes o valor do desvio-padrão de 7 min.

Em relação ao tempo de fim de pega das pastas fabricadas com CPV-ARI, o teor de 0,3% de NTC não fez diferença quando comparado com o valor determinado da pasta de referência, uma vez que houve um aumento de 1 min (16,6% do desvio-padrão). Quanto ao teor de 0,1% de NTC, o fim de pega teve uma diminuição de 21 min o que corresponde a 3,5 vezes o desvio-padrão.

Fazendo a mesma análise da influência dos teores 0,1% e 0,3 % de NTC nos tempos de pega para as pastas com cimento CPIII-40 RS, o efeito dos nanotubos de carbono mostrou-se mais evidente. A presença de NTC nas pastas fabricadas com CPIII-40 RS provocou um adiantamento tanto no início quanto no fim de pega. O início de pega foi menor 31min e 39min, respectivamente nas pastas com os teores de 0,1% e 0,3 % de NTC quando comparado com as pastas sem nanotubos de carbono. Estes aumentos correspondem, respectivamente, a 31 vezes e 39 vezes o valor do desvio-padrão. Houve um decréscimo no fim de pega de 38 min e 25 min, respectivamente nas pastas com os teores de 0,1 % e 0,3 % de NTC em comparação às pastas de referência fabricadas com CPIII- 40 RS. Tais decréscimos correspondem à 7,6 vezes e 5,0 vezes o valor do desvio-padrão.

4.4 Tempos de Pega determinados por Calorimetria

Conforme relatado na Revisão Bibliográfica, Hu *et al.*(2014) determinaram os tempos de início e fim de pega a partir das curvas obtidas do calorímetro isotérmico. Para tal, foi determinada a curva da derivada primeira em relação ao tempo da taxa de calor. O ponto mais alto da curva obtida corresponde ao tempo de início de pega enquanto que o fim de pega ocorre quando a mesma curva intercepta o eixo das abscissas.

De forma análoga, foram obtidas as curvas da derivada de 1ª ordem dos perfis térmicos das pastas representativas. As Figuras 4.32 a 4.37 apresentam estes gráficos nos quais são indicados os tempos de pega. Os valores exatos podem ser vistos na Tabela 4.7.

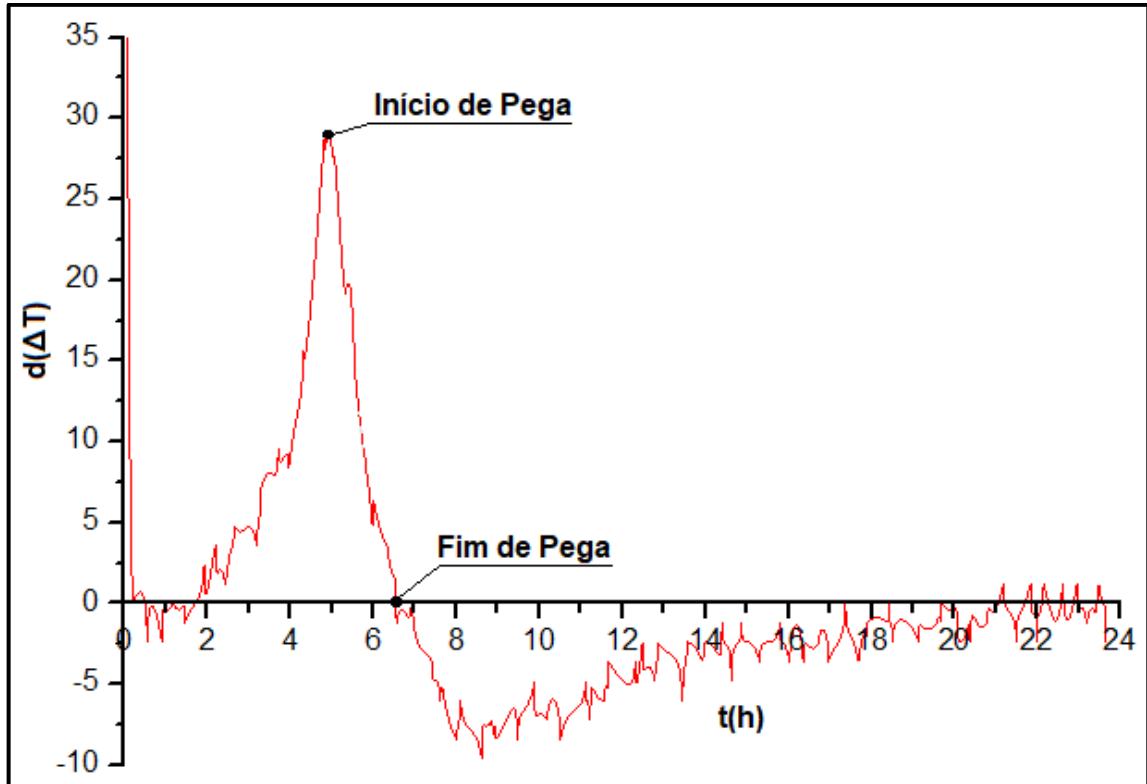


Figura 4.32 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPV-ARI

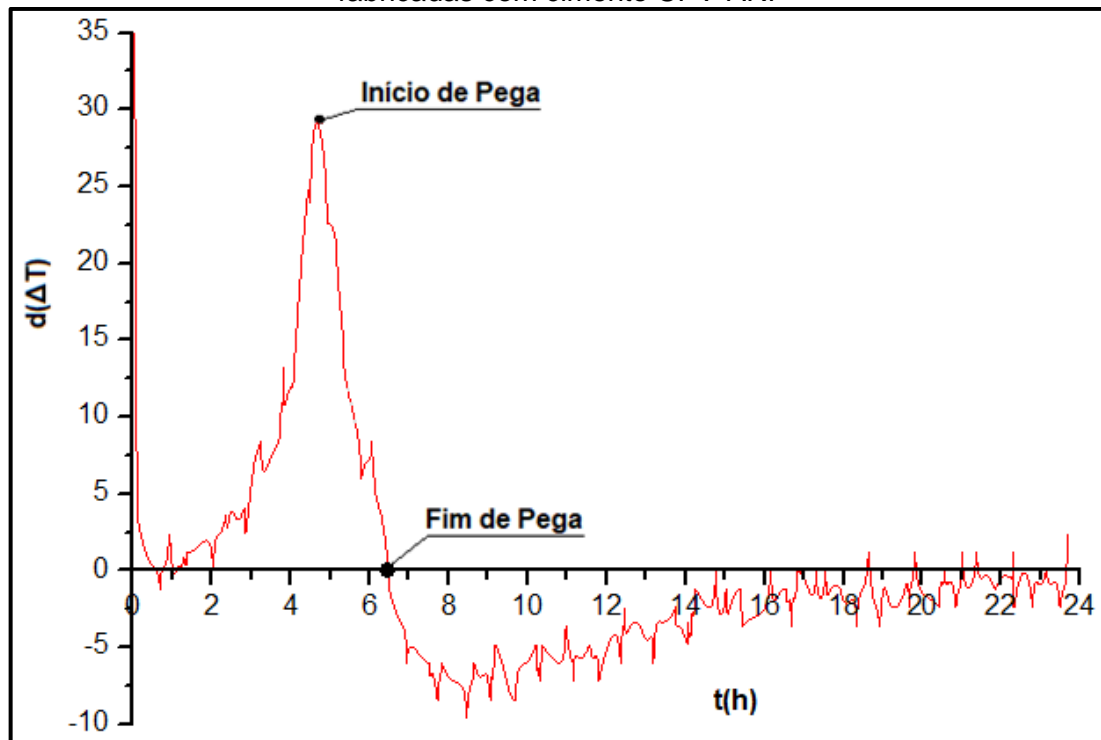


Figura 4.33 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1% de NTC

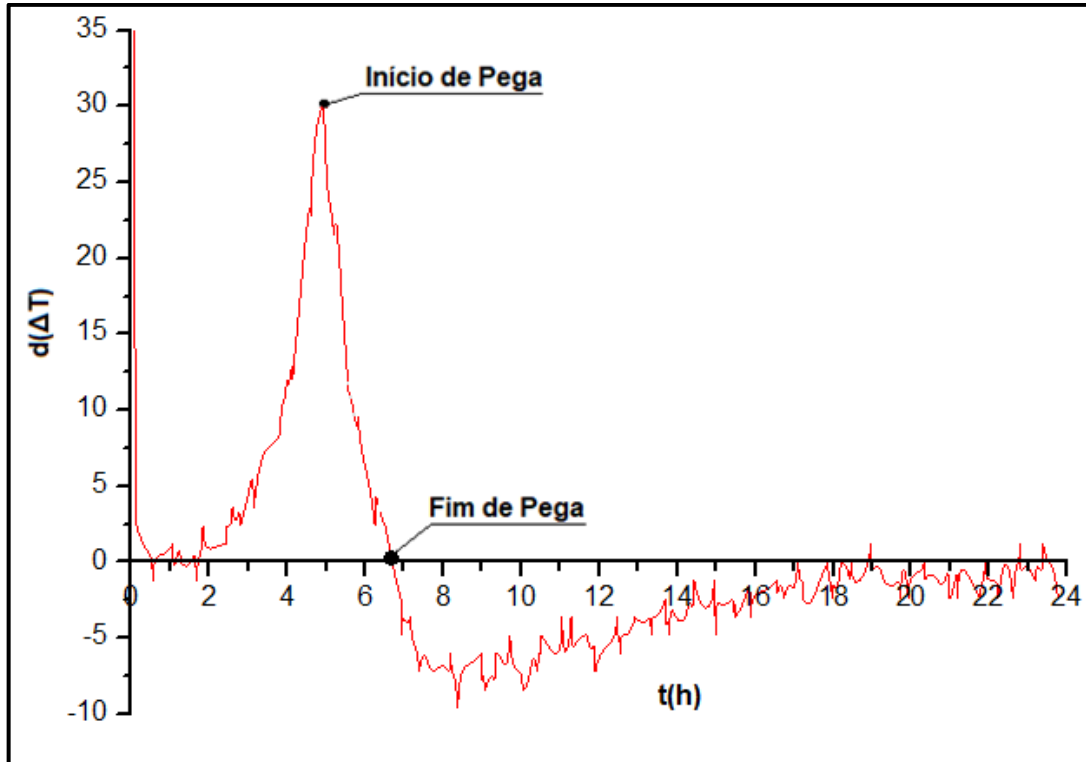


Figura 4.34 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,3% de NTC

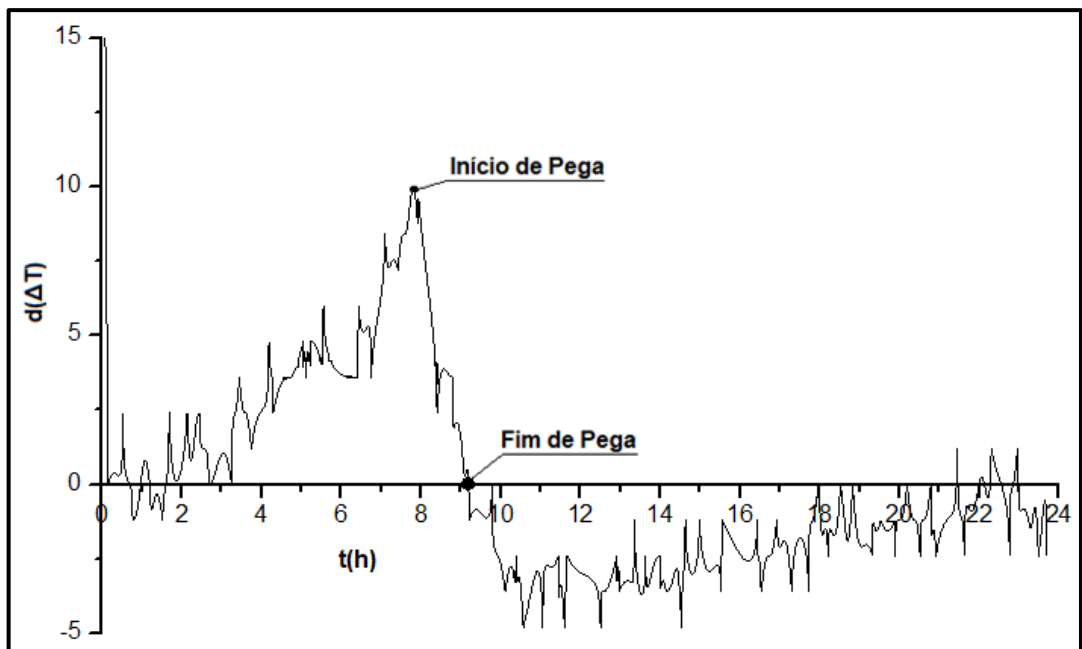


Figura 4.35 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas de referência fabricadas com cimento CPIII-40 RS

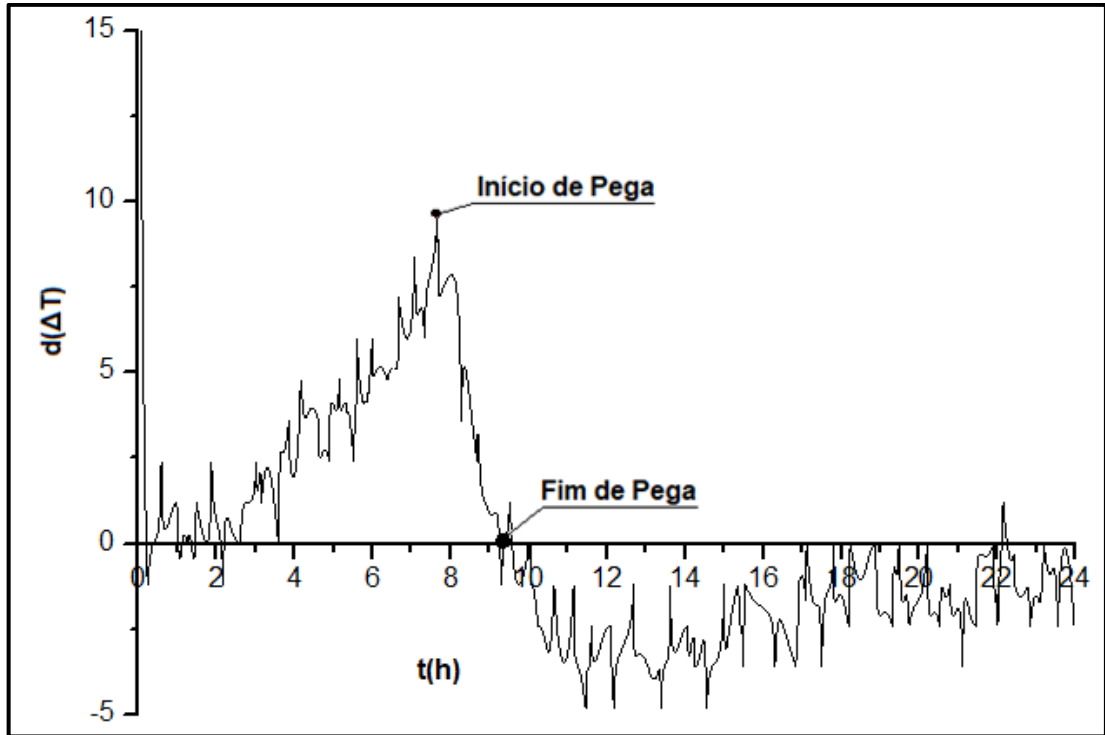


Figura 4.36 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento C-III-40 RS e com 0,1% de NTC

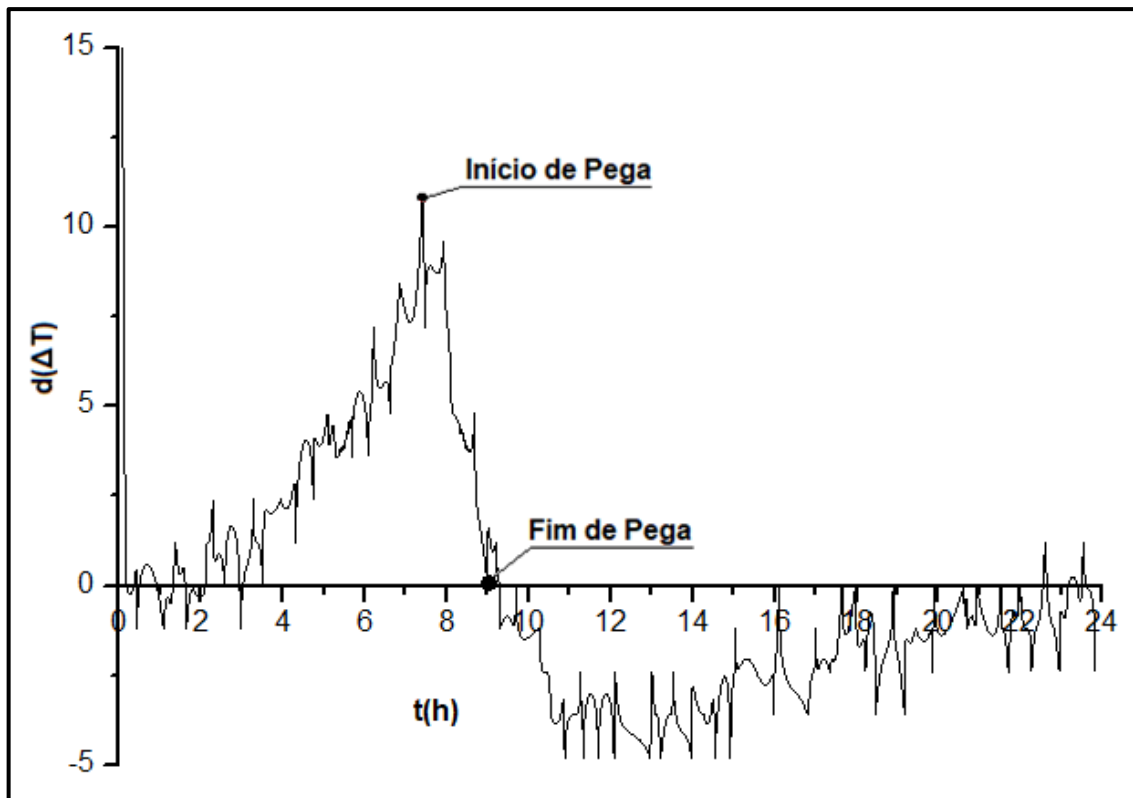


Figura 4.37 – Derivada primeira do perfil térmico representativo das pastas fabricadas com cimento C-III-40 RS e com 0,3% de NTC

Tabela 4.7– Tempos de Pega das pastas representativas determinados por Calorimetria

| Tempos de Pega – derivada 1ª dos perfis térmicos | | |
|---|-----------------------|------------------|
| Amostras | Tempos de Pega | |
| | Início (min) | Fim (min) |
| CPV-REF | 295 | 391 |
| CPV-NTC01 | 277 | 385 |
| CPV-NTC03 | 292 | 394 |
| CPIII-REF | 475 | 548 |
| CPIII-NTC01 | 473 | 564 |
| CPV-NTC03 | 447 | 564 |

Os valores da Tabela 4.7 indicam que os valores dos tempos de início e fim de pega determinados por Calorimetria são superiores aos determinados pela Análise de Vicat, da mesma maneira que ocorreu no estudo de Hu *et al.*(2014). Essa diferença já era esperada uma vez que o método de Vicat é um procedimento físico enquanto que a determinação por calorimetria é um processo químico.

Analisando os valores da Tabela 4.7, pode-se verificar que as pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,1 % de NTC apresentaram uma queda 18 minutos (6,1%) no tempo de início de pega quando comparadas com as pastas de referência fabricadas com CPV-ARI. Em relação ao tempo de fim de pega das pastas fabricadas com CPV-ARI, todas as pastas apresentaram basicamente o mesmo valor independentemente de conterem ou não NTC.

Fazendo a mesma análise da influência do teor 0,1% de NTC nos tempos de início e fim de pega para as pastas com cimento CPIII-40 RS, a presença destes provocou apenas um aumento do tempo do fim de pega. Já para o teor de 0,3% de NTC ocorreu uma aceleração com relação ao tempo de início de pega, porém com um retardo em relação ao tempo de final de pega se comparados à pasta de referência

4.5 Relação entre os Tempos de Pega e o Calor Acumulado

Na tentativa de melhor entendimento dos efeitos dos nanotubos de carbono nas pastas fabricadas com cimentos CPV-ARI e CPIII-40 RS foi feita uma comparação dos tempos de pega, determinados por Vicat, com os respectivos valores do calor acumulado nos mesmos instantes de tempo

As Tabelas 4.8 e 4.9 apresentam os valores médios de calor acumulado (u.a.) nos instantes de início e fim de pega para as pastas fabricadas com CPV-ARI e CP III 40 RS, respectivamente com e sem NTC.

Tabela 4.8 – Calor acumulado (u.a.) médio das pastas fabricadas com CPV-ARI nos tempos de início e fim de pega (Análise de Vicat)

| Denominação das pastas | Início de pega (min) | Calor acumulado | Fim de pega (min) | Calor acumulado |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| CPV - REF | 212 ± 7 | 61 ± 4 | 268 ± 6 | 102 ± 6 |
| CPV - NTC01 | 214 ± 9 | 67 ± 5 | 247 ± 8 | 87 ± 6 |
| CPV - NTC03 | 230 ± 3 | 75 ± 5 | 269 ± 8 | 107 ± 8 |

Analisando a Tabela 4.8, percebe-se que para as pastas com 0,1% de NTC houve um aumento de 6 unidades no calor acumulado durante o tempo de início de pega, correspondente a 1,5 vezes o desvio-padrão quando comparadas com a pasta de referência. Para as pastas com 0,3 % de NTC, o calor acumulado foi 14 unidades maior (3,5 vezes o desvio-padrão).

O calor acumulado no instante de fim de pega das pastas com 0,1 % de NTC foi 15 unidades menor (2,5 vezes o desvio-padrão) quando comparado com a pasta de referência. A variação do calor acumulado no instante de fim de pega para as pastas com 0,3 % de NTC foi inferior ao desvio-padrão de 6 min.

Tabela 4.9 – Calor acumulado (u.a.) médio das pastas fabricadas com CPIII-40 RS nos tempos de início e fim de pega (Análise de Vicat)

| Denominação das pastas | Início de pega (min) | Calor acumulado | Fim de pega (min) | Calor acumulado |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| CP III - REF | 336 ± 1 | 85 ± 4 | 370 ± 5 | 106 ± 5 |
| CP III - NTC01 | 305 ± 2 | 68 ± 4 | 332 ± 5 | 79 ± 4 |
| CP III - NTC03 | 297 ± 3 | 65 ± 4 | 345 ± 8 | 91 ± 5 |

Analisando a Tabela 4.9, percebe-se que para as pastas com 0,1% de NTC houve um decréscimo de 17 unidades no calor acumulado durante o tempo de início de pega, correspondente a 4,3 vezes o desvio-padrão quando comparadas com a pasta de referência. Para as pastas com 0,3 % de NTC, o calor acumulado foi 20 unidades menor (5,0 vezes o desvio-padrão).

O calor acumulado no instante de fim de pega das pastas com 0,1 % de NTC foi 27 unidades menor (5,4 vezes o desvio-padrão) quando comparado com a pasta de referência. A variação do calor acumulado no instante de fim de pega para as pastas com 0,3 % de NTC foi 15 unidades menor (3,0 vezes o desvio-padrão).

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO ESTUDO

Diversos estudos encontrados na literatura buscam avaliar o efeito dos nanotubos de carbono (NTC) no comportamento de materiais cimentícios. Em especial, os nanotubos de carbono de paredes múltiplas, quando sintetizados diretamente sobre o clínquer de cimento Portland, têm mostrado avanços na resistência e durabilidade dos materiais. Na continuidade dos estudos com este material esta pesquisa buscou avaliar a influência dos teores de 0,1 % e 0,3 % de clínquer nanoestruturado no processo de hidratação de pastas de cimentos Portland CPV-ARI e CPIII-40 RS por meio da avaliação do perfil térmico gerado pelo calor de hidratação. Esta avaliação foi realizada por meio de uma análise térmica não convencional (NCDTA).

A câmara semi-adiabática desenvolvida neste trabalho se mostrou bem satisfatória devido ao nível de isolamento atingido. Esta conclusão está embasada na estabilidade da amostra inerte que teve sua temperatura praticamente constante durante as 72 horas de hidratação das pastas de cimento Portland.

Os perfis térmicos obtidos tiveram pouca variabilidade nas 10 repetições de cada pasta contendo ou não nanotubos de carbono para os dois tipos de cimento Portland estudados. Foram eleitas 6 pastas representativas baseadas na maior aproximação destas com a respectiva curva média de cada teor. O efeito da presença de diferentes teores de NTC nos perfis térmicos das pastas fabricadas com CPV-ARI e com CPIII-40 RS não foi significativo.

O efeito dos teores de 0,1 % e 0,3 % de NTC sobre o calor acumulado até 72 horas de hidratação, em relação à pasta de referência, das pastas fabricadas com cimento CPV-ARI não foi significativo.

Para as pastas fabricadas com CIII-40 RS, tal efeito foi melhor identificado. Nas primeiras 24 horas, ocorreu um aumento de 1,6 vezes o desvio-padrão no calor acumulado da pasta com 0,1% de NTC quando comparado com a pasta de referência. O efeito do teor de 0,3% de NTC foi um aumento de 2,9 vezes o desvio-padrão. No final das 72 horas de hidratação, houve um aumento de 2,7 vezes o desvio-padrão somente para as pastas fabricadas com teor de 0,3% de NTC.

Os resultados da Análise de Vicat também foram satisfatórios e tiveram repetitividade pelos critérios da norma NBR NM 65 (2003). Vale ressaltar que os ensaios foram feitos em pastas com fator a/c de 0,4 para efeito comparativo com as pastas avaliadas pela técnica NCDTA que também foram produzidas com este teor de água. Para as pastas fabricadas com cimento CPV-ARI e com 0,3% de NTC, houve um aumento no início de pega de 18 min (2,8 vezes o valor do desvio-padrão) quando comparado com a pasta de referência. Para as pastas fabricadas com CPV-ARI e com 0,1% de NTC em relação a pasta de referência, o fim de pega foi 21 min menor, o que corresponde a 3,5 vezes o desvio-padrão.

Fazendo a mesma análise da influência dos teores 0,1% e 0,3 % de NTC nos tempos de pega para as pastas com cimento CIII-40 RS, o efeito dos nanotubos de carbono mostrou-se mais evidente. A presença de NTC nas pastas fabricadas com CIII-40 RS provocou um adiantamento tanto no início quanto no fim de pega. O início de pega foi menor 31min e 39min, respectivamente nas pastas com os teores de 0,1% e 0,3 % de NTC quando comparado com as pastas sem nanotubos de carbono. Estes aumentos correspondem, respectivamente, a 31 vezes e 39 vezes o valor do desvio-padrão. Houve um decréscimo no fim de pega de 38 min e 25 min, respectivamente nas pastas com os teores de 0,1 % e 0,3 % de NTC em comparação às pastas de referência fabricadas com CIII- 40 RS. Tais decréscimos correspondem à 7,6 vezes e 5,0 vezes o valor do desvio-padrão.

Ao determinar os tempos de início e fim de pega por meio de calorimetria como proposto por Hu *et al.*(2014), foi possível constatar que os valores foram superiores aos encontrados pela análise de Vicat. Entretanto, segundo os referidos autores esse fato já é esperado por se tratar de um processo químico diferentemente dos

critérios físicos de penetração da agulha de Vicat. Vale lembrar que no caso desse estudo não foi utilizado um calorímetro isotérmico e que a derivada foi obtida dos perfis térmicos avaliados com um calorímetro semi-adiabático. Apesar disso, percebeu-se uma semelhança no comportamento tanto das curvas dos perfis térmicos quanto da sua respectiva derivada com as referidas curvas da calorimetria isotérmica.

Para continuidade do estudo, sugere-se:

- realização de análises termogravimétricas de pastas fabricadas com cimento CIII-40 RS e 0,3% de NTC na tentativa de melhor entendimento da influência do clínquer nanoestruturado no processo de hidratação para esse cimento;
- realização de ensaios de resistência mecânica de pastas fabricadas com cimento CIII-40 RS e 0,3% de NTC nas idades correspondentes ao fim de pega na tentativa de verificar o efeito do clínquer nanoestruturado;
- realização de análises de pastas fabricadas com outros tipos de cimentos compostos para avaliar a influência do clínquer nanoestruturado no processo de hidratação.
- avaliar o efeito dos NTC nos produtos de hidratação em pastas de cimento Portland.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1753**: Standard Practice for Evaluating Early Hydration of Hydraulic Cementitious Mixtures Using Thermal Measurements, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

_____. **ASTM C1679**: Standard Practice for Measuring Hydration Kinetics of Hydraulic Cementitious Mixtures Using Isothermal Calorimetry, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733**: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 5735**: Cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR NM 65**: Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.

BHUSHAN, B. **Handbook of Nanotechnology**. 2. ed. New York: Springer, v. I, 2007. 1875 p.

CHEREM DA CUNHA, A., GONÇALVES, J., BÜCHLER, P.M., DWECK, J. Effect of metakaolin pozzolanic activity in the early stages of cement type II paste and mortar hydration. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 92, n. 1, p. 115-119, 2008.

CHUNG, D.D.L. **Carbon Fibers, Nanofibers, and Nanotubes**, In: Carbon Composites. 2. ed., Cap.1. Butterworth-Heinemann, New York, 2017, ISBN 9780128044599, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804459-9.00001-4>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128044599000014>)

CINCOTTO, M. A. **Reações de Hidratação e Pozolânicas**, In: Concreto: Ciência e Tecnologia. 1. ed., Cap. 11. Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), São Paulo, 2011. 1 v.

COUTO, G. G. **Nanopartículas de níquel: síntese, caracterização, propriedades e estudo de sua utilização como catalisadores na obtenção de nanotubos de carbono**. Dissertação de Mestrado em Química, Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 127 f., 2006.

CUI, Hongzhi; YANG, Shuqing; MEMON, Shazim Ali. Development of carbon nanotube modified cement paste with microencapsulated phase-change material for structural–functional integrated application. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 4, p. 8027-8039, 2015.

DWECK, J., FERREIRA DA SILVA, P., SILVA ADERNE, R., BÜCHLER, P.M., CARTLEDGE, F.K. Evaluating cement hydration by non-conventional DTA; An Application to Waste Solidification, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 71, n. 3, 2003, p. 821-827.

FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. **Química Nova**, v. 32, n. 7, 2009, p. 1860-1870.

GLEIZE, P. J. P. **Nanociência e Nanotecnologia dos Materiais Cimentícios**, In: Concreto: Ciência e Tecnologia. 1. ed., Cap. 51. Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), São Paulo, 2011. 2 v.

HERMES, N. A. **Hidrogênio e nanotubos de carbono por decomposição catalítica do metano: desempenho de catalisadores à base de cobalto e alumínio**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010, 84 p.

HU, Jiong; GE, Zhi; WANG, Kejin. Influence of cement fineness and water-to-cement ratio on mortar early-age heat of hydration and set times. **Construction and Building Materials**, v. 50, 2014, p. 657-663.

IJIMA, S. Helical microtubules of graphitic carbon. **Nature**, 354, 1991, p. 56-58.

KONSTA-GDOUTOS, M. S.; METAXA, Z. S.; SHAH, S. P. Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials. **Cement e Concrete Research**, n. 40, 2010, p. 1052-1059.

KUMAR, M.; ANDO, Y. Chemical Vapor Deposition of Carbon Nanotubes: A Review on Growth Mechanism and Mass Production. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 10, n. 6, 2010, p. 3739-3758.

LADEIRA, L. O. **Resistência à tração e à carbonatação de argamassas fabricadas com nanotubos de carbono sintetizados diretamente sobre clínquer**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017, 123 p.

LADEIRA, L. O.; SILVA, E. E.; OLIVEIRA, S.; LACERDA, R. G.; FERLAUTO, A. S.; LORENÇON, E.; ÁVILA, E. S. **Process for the continuous, large-scale synthesis of carbon nanotubes on cement clinker, and nanostructured products**. WO2009132407 A2, 05 nov 2009. PCT/BR2009/000119.

LOOS, M. R. **Nanociência e Nanotecnologia: Compósitos Termofixos Reforçados com Nanotubos de Carbono**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.300p.

LUDVIG, P. **Synthesis and Characterization of Portland Cement Manufactured with Carbon Nanotubes**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2012. 199 p.

MAKAR, J; MARGESON, J; LUH, J. Carbon nanotube/cement composites-early results and potential applications. **3rd International Conference on Construction Materials: Performance, Innovations and Structural Implications**, Vancouver, Canadá, 2005, p.1-10

MAKAR, Jonathan M.; CHAN, Gordon W. Growth of cement hydration products on single-walled carbon nanotubes. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 92, n. 6, p. 1303-1310, 2009.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, v. I, 2014. 782 p.

MEHTA, P. K. Global Concrete Industry Sustainability. **Concrete International**, v. 31, janeiro 2009, p. 45-48.

MELCHERT, M.B.M.; VIANA, M.M.; LEMOS, M.S.; DWECK, J.; BÜCHLER, P.M. Simultaneous solidification of two catalyst wastes and their effect on the early stages of cement hydration. **Journal of Thermal analysis and Calorimetry**, v. 105, n. 2, 2011, p. 625-633.

NASIBULIN, A. G.; KOLTSOVA, T.; NASIBULINA, L. I.; ANOSHKIN, I. V.; SEMENCHA, A.; TOLOCHKO, O. V.; KAUPPINEN, E. I. A novel approach to composite preparation by direct synthesis of carbon nanomaterial on matrix or filler particles. **Acta Materialia**, n. 61, 2013, p. 1862–1871.

NEVES JUNIOR, A.; LEMOS, M.S.; TOLEDO FILHO, R.D.; FAIRBAIRN, E.D.M.R.; DWECK, J. Early stages hydration of high initial strength Portland cement. Part II. NCDTA and Vicat analysis. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 113, n. 2, 2013, p. 659-665.

NEVES JUNIOR, A., VIANA, M.M., DWECK, J., TOLEDO FILHO, R.D. A comparative study between the early stages hydration of a high strength and sulphate resistant Portland cement and the type II F Portland cement through no

conventional differential thermal analysis and thermogravimetry. **Materials Research**, v. 18, 2015, p. 291-296.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 828p.

NOCHAIYA, T; CHAIPANICH, A. Behavior of multi-walled carbon nanotubes on the porosity and microstructure of cement-based materials. **Applied Surface Science**, v. 257, n. 6, p. 1941-1945, 2011.

OLIVEIRA, B. L. **Síntese de nanotubos de carbono (NTC) por deposição química de vapor empregando Fe/CaCO₃ e Fe/NTC como catalisador**. Dissertação (mestrado Engenharia Química), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009, 100 p.

PAULA, J. N. **Comportamento mecânico e reológico de pastas de cimento fabricado com nanotubos de carbono crescidos em clínquer para poços de petróleo**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014, 125 p.

PINTO, C.A., DWECK, J., SANSALONE, J.J., CARTLEDGE, F.K., TITTLEBAUM, M.E., BÜCHLER, P.M. Early stages of solidification/stabilization of storm water runoff solid residuals in cement: Non-conventional DTA. **Journal of Thermal analysis and Calorimetry**, v. 80, n. 3, 2005, p. 715-720.

RASHAD, A. M. Effect of carbon nanotubes (CNTs) on the properties of traditional cementitious materials. **Construction and Building Materials**, v. 153, 2017, p. 81-101.

REALES, O.A.M.; PEARL, W.C.; PAIVA, M.D.; MIRANDA, C.R.; TOLEDO FILHO, R.D. Effect of a commercial dispersion of multi walled carbon nanotubes on the hydration of an oil well cementing paste. **Frontiers of Structural and Civil Engineering**, v. 10, n. 2, 2016, p. 174-179.

RESNICK, R., HALLIDAY, D., & WALKER, J. **Fundamentos de física, v.2– gravitação, ondas, termodinâmica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SANCHEZ, F.; SOBOLEV, K. Nanotechnology in concrete - A review. **Construction and Building Materials**, v. 24, 2010, p. 2060-2071.

SHAH, K.A.; TALI, B.A. Synthesis of carbon nanotubes by catalytic chemical vapor deposition: A review on carbon sources, catalysts and substrates. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 41, 2016, p. 67-82.

SIDDIQUE, R.; METHA, A. Effect of carbon nanotubes on properties of cement mortars. **Construction and Building Materials**, n. 50, 2014, p. 116-129.

SOUZA, T.C.C. **Síntese contínua e caracterização de cimento Portland fabricado com nanotubos de carbono**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015, 184 p.

STYNOSKI, P; MONDAL, P; MARSH, C. Effects of silica additives on fracture properties of carbon nanotube and carbon fiber reinforced Portland cement mortar, **Cement and Concrete Composites**, v. 55, p. 232-240, 2015.

TATRO, S. B. **Thermal properties**. In: ASTM STP 169D - Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials. Cap.22, p.226-237. ASTM International, 2006.

APÊNDICE A - Dados dos Perfis Térmicos

Através do software PicoLog, foi realizada as medições de temperatura das amostras ao longo do seu processo de hidratação. A seguinte tabela indica os valores de ΔT ($^{\circ}\text{C}$), o que significa que os valores medidos pelo PicoLog foram subtraídos pela temperatura registrada da pasta inerte a cada instante de tempo. Sendo assim, os valores representam a variação de temperatura diretamente relacionada com o calor de hidratação de cada pasta.

| Tempo (s) | ΔT das amostras representativas ($^{\circ}\text{C}$) | | | | | |
|-----------|--|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| | CPV-REF_02 | CPV-NTC01_09 | CPV-NTC03_10 | CPIII-REF_07 | CPIII-NTC01_09 | CPIII-NTC03_03 |
| 0 | 3,99 | 3,26 | 1,38 | 1,69 | 1,89 | 2,15 |
| 300 | 6,76 | 6,76 | 6,59 | 3,96 | 3,36 | 3,87 |
| 600 | 7,15 | 7,15 | 6,98 | 4,22 | 3,66 | 4,1 |
| 900 | 7,26 | 7,26 | 7,07 | 4,32 | 3,75 | 4,2 |
| 1200 | 7,3 | 7,3 | 7,11 | 4,37 | 3,84 | 4,25 |
| 1500 | 7,33 | 7,33 | 7,11 | 4,42 | 3,89 | 4,3 |
| 1800 | 7,33 | 7,33 | 7,11 | 4,48 | 3,93 | 4,32 |
| 2100 | 7,32 | 7,32 | 7,09 | 4,51 | 3,97 | 4,34 |
| 2400 | 7,28 | 7,28 | 7,09 | 4,49 | 3,95 | 4,35 |
| 2700 | 7,25 | 7,25 | 7,06 | 4,5 | 3,98 | 4,38 |
| 3000 | 7,21 | 7,21 | 7,03 | 4,52 | 4,01 | 4,39 |
| 3300 | 7,16 | 7,16 | 6,99 | 4,53 | 4,03 | 4,39 |
| 3600 | 7,14 | 7,14 | 6,96 | 4,49 | 4,04 | 4,39 |
| 3900 | 7,1 | 7,1 | 6,92 | 4,5 | 3,96 | 4,39 |
| 4200 | 7,07 | 7,07 | 6,91 | 4,52 | 4,01 | 4,41 |
| 4500 | 7,06 | 7,06 | 6,9 | 4,49 | 4,05 | 4,4 |
| 4800 | 7,08 | 7,08 | 6,9 | 4,47 | 4,06 | 4,39 |
| 5100 | 7,1 | 7,1 | 6,91 | 4,49 | 4,05 | 4,4 |
| 5400 | 7,12 | 7,12 | 6,93 | 4,52 | 4,02 | 4,41 |
| 5700 | 7,16 | 7,16 | 6,97 | 4,5 | 4,08 | 4,44 |
| 6000 | 7,2 | 7,2 | 7,02 | 4,52 | 4,13 | 4,45 |
| 6300 | 7,26 | 7,26 | 7,08 | 4,56 | 4,17 | 4,47 |
| 6600 | 7,34 | 7,34 | 7,14 | 4,6 | 4,16 | 4,51 |
| 6900 | 7,43 | 7,43 | 7,23 | 4,6 | 4,21 | 4,55 |
| 7200 | 7,53 | 7,53 | 7,33 | 4,64 | 4,28 | 4,59 |
| 7500 | 7,63 | 7,63 | 7,44 | 4,7 | 4,35 | 4,63 |
| 7800 | 7,77 | 7,77 | 7,58 | 4,76 | 4,38 | 4,68 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 8100 | 7,92 | 7,92 | 7,72 | 4,77 | 4,4 | 4,72 |
| 8400 | 8,09 | 8,09 | 7,89 | 4,84 | 4,5 | 4,77 |
| 8700 | 8,29 | 8,29 | 8,08 | 4,92 | 4,59 | 4,84 |
| 9000 | 8,49 | 8,49 | 8,31 | 5 | 4,67 | 4,91 |
| 9300 | 8,72 | 8,72 | 8,55 | 5,06 | 4,75 | 4,98 |
| 9600 | 8,99 | 8,99 | 8,8 | 5,13 | 4,78 | 5,07 |
| 9900 | 9,26 | 9,26 | 9,08 | 5,24 | 4,91 | 5,16 |
| 10200 | 9,57 | 9,57 | 9,4 | 5,35 | 5,04 | 5,25 |
| 10500 | 9,9 | 9,9 | 9,74 | 5,45 | 5,15 | 5,37 |
| 10800 | 10,25 | 10,25 | 10,1 | 5,54 | 5,26 | 5,46 |
| 11100 | 10,64 | 10,64 | 10,52 | 5,68 | 5,34 | 5,57 |
| 11400 | 11,06 | 11,06 | 10,95 | 5,82 | 5,48 | 5,7 |
| 11700 | 11,51 | 11,51 | 11,43 | 5,97 | 5,64 | 5,85 |
| 12000 | 11,99 | 11,99 | 11,93 | 6,08 | 5,79 | 5,99 |
| 12300 | 12,52 | 12,52 | 12,48 | 6,24 | 5,95 | 6,13 |
| 12600 | 13,07 | 13,07 | 13,08 | 6,42 | 6,1 | 6,3 |
| 12900 | 13,67 | 13,67 | 13,71 | 6,61 | 6,22 | 6,48 |
| 13200 | 14,31 | 14,31 | 14,4 | 6,79 | 6,42 | 6,65 |
| 13500 | 14,98 | 14,98 | 15,14 | 6,95 | 6,63 | 6,84 |
| 13800 | 15,73 | 15,73 | 15,93 | 7,16 | 6,83 | 7,04 |
| 14100 | 16,51 | 16,51 | 16,77 | 7,39 | 7,05 | 7,24 |
| 14400 | 17,33 | 17,33 | 17,65 | 7,62 | 7,25 | 7,46 |
| 14700 | 18,2 | 18,2 | 18,61 | 7,85 | 7,44 | 7,68 |
| 15000 | 19,13 | 19,13 | 19,69 | 8,05 | 7,68 | 7,92 |
| 15300 | 20,12 | 20,12 | 20,93 | 8,31 | 7,95 | 8,16 |
| 15600 | 21,28 | 21,28 | 22,33 | 8,59 | 8,2 | 8,42 |
| 15900 | 22,57 | 22,57 | 23,87 | 8,88 | 8,46 | 8,67 |
| 16200 | 24,04 | 24,04 | 25,61 | 9,15 | 8,72 | 8,94 |
| 16500 | 25,66 | 25,66 | 27,49 | 9,42 | 8,99 | 9,22 |
| 16800 | 27,48 | 27,48 | 29,59 | 9,71 | 9,22 | 9,51 |
| 17100 | 29,47 | 29,47 | 31,9 | 10,03 | 9,56 | 9,82 |
| 17400 | 31,67 | 31,67 | 34,34 | 10,35 | 9,88 | 10,12 |
| 17700 | 34,11 | 34,11 | 36,77 | 10,7 | 10,2 | 10,44 |
| 18000 | 36,59 | 36,59 | 39,05 | 11,02 | 10,52 | 10,77 |
| 18300 | 38,98 | 38,98 | 41,05 | 11,33 | 10,85 | 11,09 |
| 18600 | 41,15 | 41,15 | 42,86 | 11,69 | 11,18 | 11,43 |
| 18900 | 43,06 | 43,06 | 44,67 | 12,06 | 11,48 | 11,79 |
| 19200 | 44,84 | 44,84 | 46,48 | 12,42 | 11,87 | 12,15 |
| 19500 | 46,6 | 46,6 | 48,09 | 12,79 | 12,25 | 12,5 |
| 19800 | 48,26 | 48,26 | 49,45 | 13,15 | 12,61 | 12,87 |
| 20100 | 49,65 | 49,65 | 50,6 | 13,51 | 12,99 | 13,26 |
| 20400 | 50,78 | 50,78 | 51,59 | 13,9 | 13,34 | 13,65 |
| 20700 | 51,7 | 51,7 | 52,43 | 14,29 | 13,7 | 14,03 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 21000 | 52,47 | 52,47 | 53,17 | 14,69 | 14,03 | 14,42 |
| 21300 | 53,13 | 53,13 | 53,81 | 15,07 | 14,47 | 14,82 |
| 21600 | 53,68 | 53,68 | 54,38 | 15,46 | 14,87 | 15,23 |
| 21900 | 54,15 | 54,15 | 54,89 | 15,81 | 15,26 | 15,64 |
| 22200 | 54,53 | 54,53 | 55,33 | 16,22 | 15,65 | 16,03 |
| 22500 | 54,88 | 54,88 | 55,73 | 16,61 | 16,03 | 16,45 |
| 22800 | 55,14 | 55,14 | 56,09 | 17,01 | 16,41 | 16,86 |
| 23100 | 55,37 | 55,37 | 56,42 | 17,41 | 16,77 | 17,29 |
| 23400 | 55,53 | 55,53 | 56,7 | 17,81 | 17,15 | 17,72 |
| 23700 | 55,64 | 55,64 | 56,88 | 18,19 | 17,6 | 18,18 |
| 24000 | 55,73 | 55,73 | 56,99 | 18,65 | 18,04 | 18,67 |
| 24300 | 55,76 | 55,76 | 57 | 19,13 | 18,49 | 19,18 |
| 24600 | 55,74 | 55,74 | 56,91 | 19,64 | 18,95 | 19,72 |
| 24900 | 55,67 | 55,67 | 56,77 | 20,17 | 19,44 | 20,29 |
| 25200 | 55,55 | 55,55 | 56,53 | 20,72 | 19,96 | 20,86 |
| 25500 | 55,38 | 55,38 | 56,25 | 21,28 | 20,49 | 21,48 |
| 25800 | 55,17 | 55,17 | 55,91 | 21,82 | 21,02 | 22,12 |
| 26100 | 54,9 | 54,9 | 55,53 | 22,44 | 21,65 | 22,8 |
| 26400 | 54,59 | 54,59 | 55,1 | 23,1 | 22,31 | 23,5 |
| 26700 | 54,23 | 54,23 | 54,63 | 23,8 | 22,97 | 24,25 |
| 27000 | 53,84 | 53,84 | 54,13 | 24,51 | 23,65 | 25,03 |
| 27300 | 53,41 | 53,41 | 53,61 | 25,25 | 24,36 | 25,82 |
| 27600 | 52,96 | 52,96 | 53,06 | 26,02 | 25,09 | 26,64 |
| 27900 | 52,47 | 52,47 | 52,49 | 26,77 | 25,85 | 27,45 |
| 28200 | 51,95 | 51,95 | 51,91 | 27,52 | 26,62 | 28,23 |
| 28500 | 51,42 | 51,42 | 51,32 | 28,26 | 27,38 | 28,95 |
| 28800 | 50,87 | 50,87 | 50,71 | 28,93 | 28,08 | 29,62 |
| 29100 | 50,31 | 50,31 | 50,08 | 29,55 | 28,8 | 30,21 |
| 29400 | 49,72 | 49,72 | 49,46 | 30,09 | 29,44 | 30,7 |
| 29700 | 49,13 | 49,13 | 48,82 | 30,57 | 29,98 | 31,16 |
| 30000 | 48,54 | 48,54 | 48,19 | 30,98 | 30,45 | 31,56 |
| 30300 | 47,94 | 47,94 | 47,53 | 31,31 | 30,85 | 31,92 |
| 30600 | 47,32 | 47,32 | 46,9 | 31,58 | 31,17 | 32,26 |
| 30900 | 46,72 | 46,72 | 46,28 | 31,86 | 31,47 | 32,56 |
| 31200 | 46,1 | 46,1 | 45,64 | 32,11 | 31,73 | 32,84 |
| 31500 | 45,49 | 45,49 | 45 | 32,32 | 31,97 | 33,09 |
| 31800 | 44,87 | 44,87 | 44,36 | 32,51 | 32,19 | 33,31 |
| 32100 | 44,26 | 44,26 | 43,74 | 32,66 | 32,34 | 33,49 |
| 32400 | 43,64 | 43,64 | 43,1 | 32,79 | 32,55 | 33,65 |
| 32700 | 43,02 | 43,02 | 42,47 | 32,89 | 32,72 | 33,78 |
| 33000 | 42,42 | 42,42 | 41,86 | 32,96 | 32,83 | 33,86 |
| 33300 | 41,8 | 41,8 | 41,24 | 32,97 | 32,91 | 33,92 |
| 33600 | 41,2 | 41,2 | 40,63 | 32,95 | 32,94 | 33,96 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 33900 | 40,59 | 40,59 | 40,02 | 32,95 | 32,94 | 33,96 |
| 34200 | 40 | 40 | 39,43 | 32,91 | 32,92 | 33,95 |
| 34500 | 39,41 | 39,41 | 38,83 | 32,85 | 32,87 | 33,9 |
| 34800 | 38,82 | 38,82 | 38,23 | 32,77 | 32,8 | 33,83 |
| 35100 | 38,25 | 38,25 | 37,66 | 32,67 | 32,73 | 33,73 |
| 35400 | 37,67 | 37,67 | 37,07 | 32,54 | 32,62 | 33,63 |
| 35700 | 37,1 | 37,1 | 36,5 | 32,39 | 32,48 | 33,5 |
| 36000 | 36,54 | 36,54 | 35,93 | 32,23 | 32,38 | 33,36 |
| 36300 | 35,98 | 35,98 | 35,37 | 32,06 | 32,26 | 33,21 |
| 36600 | 35,43 | 35,43 | 34,82 | 31,87 | 32,1 | 33,04 |
| 36900 | 34,89 | 34,89 | 34,29 | 31,67 | 31,92 | 32,86 |
| 37200 | 34,35 | 34,35 | 33,73 | 31,46 | 31,73 | 32,67 |
| 37500 | 33,81 | 33,81 | 33,19 | 31,19 | 31,52 | 32,47 |
| 37800 | 33,28 | 33,28 | 32,67 | 30,96 | 31,29 | 32,27 |
| 38100 | 32,76 | 32,76 | 32,15 | 30,73 | 31,04 | 32,03 |
| 38400 | 32,25 | 32,25 | 31,64 | 30,49 | 30,8 | 31,8 |
| 38700 | 31,74 | 31,74 | 31,12 | 30,25 | 30,56 | 31,56 |
| 39000 | 31,24 | 31,24 | 30,62 | 29,99 | 30,3 | 31,32 |
| 39300 | 30,74 | 30,74 | 30,12 | 29,74 | 30,06 | 31,07 |
| 39600 | 30,25 | 30,25 | 29,63 | 29,46 | 29,77 | 30,82 |
| 39900 | 29,77 | 29,77 | 29,15 | 29,2 | 29,56 | 30,57 |
| 40200 | 29,29 | 29,29 | 28,67 | 28,93 | 29,32 | 30,3 |
| 40500 | 28,83 | 28,83 | 28,21 | 28,65 | 29,06 | 30,04 |
| 40800 | 28,36 | 28,36 | 27,74 | 28,36 | 28,79 | 29,76 |
| 41100 | 27,89 | 27,89 | 27,31 | 28,08 | 28,5 | 29,49 |
| 41400 | 27,45 | 27,45 | 26,85 | 27,79 | 28,21 | 29,22 |
| 41700 | 27,01 | 27,01 | 26,41 | 27,5 | 27,93 | 28,94 |
| 42000 | 26,57 | 26,57 | 25,97 | 27,23 | 27,64 | 28,66 |
| 42300 | 26,14 | 26,14 | 25,54 | 26,93 | 27,35 | 28,38 |
| 42600 | 25,7 | 25,7 | 25,12 | 26,64 | 27,05 | 28,09 |
| 42900 | 25,29 | 25,29 | 24,7 | 26,35 | 26,76 | 27,8 |
| 43200 | 24,88 | 24,88 | 24,28 | 26,06 | 26,47 | 27,52 |
| 43500 | 24,47 | 24,47 | 23,88 | 25,76 | 26,17 | 27,23 |
| 43800 | 24,07 | 24,07 | 23,47 | 25,47 | 25,88 | 26,95 |
| 44100 | 23,67 | 23,67 | 23,08 | 25,18 | 25,59 | 26,65 |
| 44400 | 23,28 | 23,28 | 22,7 | 24,89 | 25,3 | 26,37 |
| 44700 | 22,9 | 22,9 | 22,31 | 24,6 | 25,01 | 26,08 |
| 45000 | 22,51 | 22,51 | 21,93 | 24,32 | 24,71 | 25,79 |
| 45300 | 22,13 | 22,13 | 21,55 | 24,03 | 24,43 | 25,5 |
| 45600 | 21,77 | 21,77 | 21,19 | 23,72 | 24,14 | 25,21 |
| 45900 | 21,41 | 21,41 | 20,83 | 23,4 | 23,86 | 24,93 |
| 46200 | 21,06 | 21,06 | 20,48 | 23,13 | 23,58 | 24,64 |
| 46500 | 20,7 | 20,7 | 20,13 | 22,87 | 23,29 | 24,36 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 46800 | 20,35 | 20,35 | 19,78 | 22,59 | 23,01 | 24,08 |
| 47100 | 20,02 | 20,02 | 19,45 | 22,31 | 22,72 | 23,8 |
| 47400 | 19,67 | 19,67 | 19,13 | 22,04 | 22,45 | 23,52 |
| 47700 | 19,35 | 19,35 | 18,79 | 21,77 | 22,17 | 23,23 |
| 48000 | 19,02 | 19,02 | 18,47 | 21,5 | 21,9 | 22,96 |
| 48300 | 18,71 | 18,71 | 18,18 | 21,22 | 21,62 | 22,68 |
| 48600 | 18,39 | 18,39 | 17,87 | 20,96 | 21,36 | 22,42 |
| 48900 | 18,09 | 18,09 | 17,55 | 20,7 | 21,09 | 22,14 |
| 49200 | 17,78 | 17,78 | 17,24 | 20,43 | 20,83 | 21,87 |
| 49500 | 17,48 | 17,48 | 16,94 | 20,17 | 20,56 | 21,61 |
| 49800 | 17,18 | 17,18 | 16,65 | 19,91 | 20,3 | 21,34 |
| 50100 | 16,9 | 16,9 | 16,37 | 19,66 | 20,05 | 21,09 |
| 50400 | 16,62 | 16,62 | 16,09 | 19,41 | 19,78 | 20,82 |
| 50700 | 16,35 | 16,35 | 15,81 | 19,16 | 19,52 | 20,57 |
| 51000 | 16,07 | 16,07 | 15,54 | 18,91 | 19,28 | 20,31 |
| 51300 | 15,8 | 15,8 | 15,28 | 18,66 | 19,02 | 20,06 |
| 51600 | 15,53 | 15,53 | 15,01 | 18,43 | 18,78 | 19,81 |
| 51900 | 15,28 | 15,28 | 14,75 | 18,19 | 18,54 | 19,56 |
| 52200 | 15,01 | 15,01 | 14,51 | 17,94 | 18,3 | 19,31 |
| 52500 | 14,76 | 14,76 | 14,27 | 17,65 | 18,06 | 19,07 |
| 52800 | 14,51 | 14,51 | 14,01 | 17,42 | 17,83 | 18,83 |
| 53100 | 14,27 | 14,27 | 13,77 | 17,2 | 17,57 | 18,6 |
| 53400 | 14,02 | 14,02 | 13,55 | 16,99 | 17,37 | 18,36 |
| 53700 | 13,78 | 13,78 | 13,3 | 16,79 | 17,18 | 18,14 |
| 54000 | 13,55 | 13,55 | 13,07 | 16,57 | 16,96 | 17,91 |
| 54300 | 13,31 | 13,31 | 12,84 | 16,36 | 16,74 | 17,67 |
| 54600 | 13,09 | 13,09 | 12,64 | 16,1 | 16,51 | 17,46 |
| 54900 | 12,87 | 12,87 | 12,41 | 15,88 | 16,29 | 17,24 |
| 55200 | 12,65 | 12,65 | 12,19 | 15,68 | 16,07 | 17,02 |
| 55500 | 12,44 | 12,44 | 12 | 15,48 | 15,85 | 16,81 |
| 55800 | 12,22 | 12,22 | 11,79 | 15,28 | 15,63 | 16,6 |
| 56100 | 12,01 | 12,01 | 11,58 | 15,09 | 15,42 | 16,39 |
| 56400 | 11,81 | 11,81 | 11,39 | 14,89 | 15,22 | 16,18 |
| 56700 | 11,61 | 11,61 | 11,18 | 14,67 | 15,01 | 15,98 |
| 57000 | 11,41 | 11,41 | 10,99 | 14,45 | 14,81 | 15,77 |
| 57300 | 11,22 | 11,22 | 10,81 | 14,28 | 14,62 | 15,58 |
| 57600 | 11,04 | 11,04 | 10,62 | 14,1 | 14,41 | 15,38 |
| 57900 | 10,84 | 10,84 | 10,43 | 13,92 | 14,23 | 15,18 |
| 58200 | 10,66 | 10,66 | 10,26 | 13,74 | 14,04 | 14,98 |
| 58500 | 10,48 | 10,48 | 10,08 | 13,54 | 13,83 | 14,8 |
| 58800 | 10,3 | 10,3 | 9,9 | 13,33 | 13,66 | 14,6 |
| 59100 | 10,12 | 10,12 | 9,75 | 13,16 | 13,5 | 14,42 |
| 59400 | 9,96 | 9,96 | 9,58 | 13 | 13,33 | 14,24 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 59700 | 9,78 | 9,78 | 9,41 | 12,84 | 13,15 | 14,05 |
| 60000 | 9,62 | 9,62 | 9,25 | 12,64 | 12,97 | 13,87 |
| 60300 | 9,46 | 9,46 | 9,09 | 12,46 | 12,79 | 13,7 |
| 60600 | 9,3 | 9,3 | 8,93 | 12,32 | 12,62 | 13,53 |
| 60900 | 9,15 | 9,15 | 8,79 | 12,17 | 12,44 | 13,36 |
| 61200 | 8,99 | 8,99 | 8,63 | 11,99 | 12,27 | 13,18 |
| 61500 | 8,84 | 8,84 | 8,47 | 11,8 | 12,13 | 13,02 |
| 61800 | 8,69 | 8,69 | 8,35 | 11,66 | 12 | 12,85 |
| 62100 | 8,54 | 8,54 | 8,2 | 11,53 | 11,83 | 12,69 |
| 62400 | 8,4 | 8,4 | 8,05 | 11,36 | 11,65 | 12,53 |
| 62700 | 8,26 | 8,26 | 7,93 | 11,2 | 11,5 | 12,37 |
| 63000 | 8,11 | 8,11 | 7,78 | 11,08 | 11,33 | 12,21 |
| 63300 | 7,99 | 7,99 | 7,66 | 10,95 | 11,19 | 12,06 |
| 63600 | 7,85 | 7,85 | 7,52 | 10,8 | 11,07 | 11,91 |
| 63900 | 7,72 | 7,72 | 7,38 | 10,63 | 10,94 | 11,76 |
| 64200 | 7,58 | 7,58 | 7,28 | 10,5 | 10,79 | 11,61 |
| 64500 | 7,46 | 7,46 | 7,15 | 10,38 | 10,65 | 11,47 |
| 64800 | 7,33 | 7,33 | 7,03 | 10,26 | 10,49 | 11,33 |
| 65100 | 7,21 | 7,21 | 6,91 | 10,09 | 10,32 | 11,18 |
| 65400 | 7,09 | 7,09 | 6,79 | 9,96 | 10,22 | 11,04 |
| 65700 | 6,97 | 6,97 | 6,68 | 9,86 | 10,11 | 10,91 |
| 66000 | 6,86 | 6,86 | 6,56 | 9,74 | 9,98 | 10,77 |
| 66300 | 6,75 | 6,75 | 6,43 | 9,59 | 9,85 | 10,64 |
| 66600 | 6,63 | 6,63 | 6,35 | 9,45 | 9,7 | 10,5 |
| 66900 | 6,52 | 6,52 | 6,23 | 9,35 | 9,55 | 10,38 |
| 67200 | 6,41 | 6,41 | 6,14 | 9,24 | 9,43 | 10,24 |
| 67500 | 6,31 | 6,31 | 6,03 | 9,09 | 9,32 | 10,13 |
| 67800 | 6,21 | 6,21 | 5,92 | 8,98 | 9,22 | 10 |
| 68100 | 6,1 | 6,1 | 5,82 | 8,88 | 9,1 | 9,87 |
| 68400 | 6 | 6 | 5,73 | 8,76 | 8,96 | 9,75 |
| 68700 | 5,9 | 5,9 | 5,65 | 8,64 | 8,85 | 9,63 |
| 69000 | 5,8 | 5,8 | 5,54 | 8,55 | 8,74 | 9,52 |
| 69300 | 5,7 | 5,7 | 5,44 | 8,44 | 8,62 | 9,4 |
| 69600 | 5,61 | 5,61 | 5,37 | 8,3 | 8,48 | 9,29 |
| 69900 | 5,52 | 5,52 | 5,26 | 8,22 | 8,41 | 9,18 |
| 70200 | 5,42 | 5,42 | 5,18 | 8,12 | 8,31 | 9,07 |
| 70500 | 5,34 | 5,34 | 5,08 | 8,01 | 8,18 | 8,96 |
| 70800 | 5,24 | 5,24 | 5 | 7,92 | 8,08 | 8,85 |
| 71100 | 5,17 | 5,17 | 4,91 | 7,83 | 7,98 | 8,73 |
| 71400 | 5,08 | 5,08 | 4,83 | 7,71 | 7,91 | 8,63 |
| 71700 | 5 | 5 | 4,76 | 7,62 | 7,8 | 8,54 |
| 72000 | 4,91 | 4,91 | 4,66 | 7,55 | 7,67 | 8,43 |
| 72300 | 4,84 | 4,84 | 4,6 | 7,44 | 7,6 | 8,33 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 72600 | 4,76 | 4,76 | 4,51 | 7,36 | 7,53 | 8,23 |
| 72900 | 4,68 | 4,68 | 4,43 | 7,28 | 7,41 | 8,13 |
| 73200 | 4,6 | 4,6 | 4,38 | 7,19 | 7,32 | 8,04 |
| 73500 | 4,52 | 4,52 | 4,29 | 7,1 | 7,25 | 7,95 |
| 73800 | 4,46 | 4,46 | 4,2 | 7,02 | 7,16 | 7,85 |
| 74100 | 4,38 | 4,38 | 4,14 | 6,93 | 7,02 | 7,76 |
| 74400 | 4,31 | 4,31 | 4,07 | 6,83 | 6,96 | 7,67 |
| 74700 | 4,25 | 4,25 | 4,01 | 6,78 | 6,89 | 7,58 |
| 75000 | 4,18 | 4,18 | 3,94 | 6,68 | 6,74 | 7,48 |
| 75300 | 4,11 | 4,11 | 3,86 | 6,6 | 6,71 | 7,4 |
| 75600 | 4,04 | 4,04 | 3,79 | 6,55 | 6,64 | 7,31 |
| 75900 | 3,98 | 3,98 | 3,75 | 6,47 | 6,54 | 7,23 |
| 76200 | 3,91 | 3,91 | 3,67 | 6,38 | 6,45 | 7,15 |
| 76500 | 3,86 | 3,86 | 3,6 | 6,32 | 6,4 | 7,05 |
| 76800 | 3,8 | 3,8 | 3,54 | 6,22 | 6,35 | 6,98 |
| 77100 | 3,74 | 3,74 | 3,48 | 6,14 | 6,24 | 6,9 |
| 77400 | 3,67 | 3,67 | 3,44 | 6,09 | 6,17 | 6,81 |
| 77700 | 3,62 | 3,62 | 3,38 | 6 | 6,11 | 6,74 |
| 78000 | 3,57 | 3,57 | 3,33 | 5,94 | 6,04 | 6,67 |
| 78300 | 3,51 | 3,51 | 3,28 | 5,89 | 5,92 | 6,6 |
| 78600 | 3,45 | 3,45 | 3,23 | 5,8 | 5,89 | 6,53 |
| 78900 | 3,41 | 3,41 | 3,17 | 5,74 | 5,82 | 6,46 |
| 79200 | 3,35 | 3,35 | 3,13 | 5,68 | 5,7 | 6,37 |
| 79500 | 3,3 | 3,3 | 3,08 | 5,6 | 5,59 | 6,29 |
| 79800 | 3,26 | 3,26 | 3,02 | 5,56 | 5,59 | 6,22 |
| 80100 | 3,21 | 3,21 | 2,97 | 5,48 | 5,55 | 6,16 |
| 80400 | 3,16 | 3,16 | 2,94 | 5,42 | 5,48 | 6,09 |
| 80700 | 3,11 | 3,11 | 2,89 | 5,37 | 5,37 | 6,03 |
| 81000 | 3,06 | 3,06 | 2,84 | 5,31 | 5,35 | 5,95 |
| 81300 | 3,03 | 3,03 | 2,8 | 5,27 | 5,31 | 5,88 |
| 81600 | 2,99 | 2,99 | 2,76 | 5,21 | 5,26 | 5,83 |
| 81900 | 2,91 | 2,91 | 2,72 | 5,14 | 5,17 | 5,78 |
| 82200 | 2,86 | 2,86 | 2,67 | 5,1 | 5,12 | 5,71 |
| 82500 | 2,83 | 2,83 | 2,63 | 5,04 | 5,09 | 5,64 |
| 82800 | 2,8 | 2,8 | 2,59 | 4,99 | 5,05 | 5,58 |
| 83100 | 2,76 | 2,76 | 2,58 | 4,94 | 4,96 | 5,53 |
| 83400 | 2,72 | 2,72 | 2,53 | 4,88 | 4,88 | 5,47 |
| 83700 | 2,69 | 2,69 | 2,48 | 4,84 | 4,87 | 5,41 |
| 84000 | 2,64 | 2,64 | 2,44 | 4,78 | 4,82 | 5,35 |
| 84300 | 2,61 | 2,61 | 2,4 | 4,74 | 4,78 | 5,3 |
| 84600 | 2,57 | 2,57 | 2,36 | 4,69 | 4,71 | 5,25 |
| 84900 | 2,53 | 2,53 | 2,32 | 4,65 | 4,6 | 5,19 |
| 85200 | 2,5 | 2,5 | 2,31 | 4,61 | 4,58 | 5,13 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 85500 | 2,46 | 2,46 | 2,29 | 4,55 | 4,55 | 5,08 |
| 85800 | 2,42 | 2,42 | 2,24 | 4,51 | 4,51 | 5,04 |
| 86100 | 2,39 | 2,39 | 2,21 | 4,46 | 4,44 | 5 |
| 86400 | 2,36 | 2,36 | 2,18 | 4,43 | 4,34 | 4,93 |
| 86700 | 2,32 | 2,32 | 2,14 | 4,38 | 4,33 | 4,88 |
| 87000 | 2,29 | 2,29 | 2,13 | 4,34 | 4,32 | 4,83 |
| 87300 | 2,26 | 2,26 | 2,1 | 4,32 | 4,29 | 4,8 |
| 87600 | 2,24 | 2,24 | 2,06 | 4,26 | 4,2 | 4,74 |
| 87900 | 2,2 | 2,2 | 2,03 | 4,24 | 4,17 | 4,69 |
| 88200 | 2,19 | 2,19 | 2 | 4,2 | 4,15 | 4,65 |
| 88500 | 2,14 | 2,14 | 1,98 | 4,16 | 4,09 | 4,61 |
| 88800 | 2,1 | 2,1 | 1,96 | 4,15 | 4,02 | 4,56 |
| 89100 | 2,08 | 2,08 | 1,92 | 4,09 | 4 | 4,52 |
| 89400 | 2,06 | 2,06 | 1,91 | 4,06 | 3,98 | 4,48 |
| 89700 | 2,04 | 2,04 | 1,87 | 4,03 | 3,94 | 4,43 |
| 90000 | 2,01 | 2,01 | 1,86 | 3,97 | 3,85 | 4,4 |
| 90300 | 1,99 | 1,99 | 1,82 | 3,96 | 3,85 | 4,35 |
| 90600 | 1,98 | 1,98 | 1,81 | 3,93 | 3,83 | 4,3 |
| 90900 | 1,92 | 1,92 | 1,79 | 3,88 | 3,79 | 4,29 |
| 91200 | 1,89 | 1,89 | 1,76 | 3,86 | 3,7 | 4,23 |
| 91500 | 1,87 | 1,87 | 1,74 | 3,83 | 3,68 | 4,2 |
| 91800 | 1,86 | 1,86 | 1,74 | 3,79 | 3,68 | 4,16 |
| 92100 | 1,84 | 1,84 | 1,71 | 3,77 | 3,65 | 4,12 |
| 92400 | 1,82 | 1,82 | 1,69 | 3,74 | 3,58 | 4,08 |
| 92700 | 1,79 | 1,79 | 1,67 | 3,7 | 3,53 | 4,04 |
| 93000 | 1,77 | 1,77 | 1,66 | 3,69 | 3,52 | 4,02 |
| 93300 | 1,76 | 1,76 | 1,63 | 3,65 | 3,5 | 3,97 |
| 93600 | 1,69 | 1,69 | 1,61 | 3,61 | 3,46 | 3,93 |
| 93900 | 1,68 | 1,68 | 1,59 | 3,59 | 3,39 | 3,91 |
| 94200 | 1,66 | 1,66 | 1,59 | 3,56 | 3,39 | 3,88 |
| 94500 | 1,65 | 1,65 | 1,57 | 3,51 | 3,38 | 3,84 |
| 94800 | 1,64 | 1,64 | 1,54 | 3,51 | 3,35 | 3,81 |
| 95100 | 1,62 | 1,62 | 1,53 | 3,48 | 3,25 | 3,77 |
| 95400 | 1,6 | 1,6 | 1,51 | 3,42 | 3,25 | 3,74 |
| 95700 | 1,57 | 1,57 | 1,5 | 3,41 | 3,25 | 3,7 |
| 96000 | 1,56 | 1,56 | 1,49 | 3,4 | 3,22 | 3,68 |
| 96300 | 1,54 | 1,54 | 1,47 | 3,35 | 3,17 | 3,65 |
| 96600 | 1,55 | 1,55 | 1,44 | 3,33 | 3,1 | 3,61 |
| 96900 | 1,5 | 1,5 | 1,41 | 3,31 | 3,12 | 3,57 |
| 97200 | 1,46 | 1,46 | 1,39 | 3,29 | 3,11 | 3,55 |
| 97500 | 1,45 | 1,45 | 1,41 | 3,25 | 3,08 | 3,52 |
| 97800 | 1,45 | 1,45 | 1,4 | 3,24 | 3,04 | 3,48 |
| 98100 | 1,44 | 1,44 | 1,38 | 3,22 | 2,96 | 3,46 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 98400 | 1,42 | 1,42 | 1,35 | 3,17 | 2,98 | 3,45 |
| 98700 | 1,42 | 1,42 | 1,35 | 3,14 | 2,98 | 3,4 |
| 99000 | 1,39 | 1,39 | 1,34 | 3,14 | 2,95 | 3,39 |
| 99300 | 1,39 | 1,39 | 1,33 | 3,11 | 2,91 | 3,35 |
| 99600 | 1,36 | 1,36 | 1,31 | 3,06 | 2,86 | 3,33 |
| 99900 | 1,36 | 1,36 | 1,29 | 3,05 | 2,84 | 3,31 |
| 100200 | 1,32 | 1,32 | 1,28 | 3,05 | 2,84 | 3,28 |
| 100500 | 1,29 | 1,29 | 1,27 | 3,02 | 2,83 | 3,26 |
| 100800 | 1,28 | 1,28 | 1,27 | 2,97 | 2,8 | 3,25 |
| 101100 | 1,28 | 1,28 | 1,27 | 2,96 | 2,77 | 3,19 |
| 101400 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 2,96 | 2,73 | 3,19 |
| 101700 | 1,27 | 1,27 | 1,25 | 2,93 | 2,68 | 3,16 |
| 102000 | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 2,88 | 2,69 | 3,13 |
| 102300 | 1,19 | 1,19 | 1,23 | 2,88 | 2,68 | 3,12 |
| 102600 | 1,18 | 1,18 | 1,2 | 2,88 | 2,66 | 3,08 |
| 102900 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 2,85 | 2,62 | 3,07 |
| 103200 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 2,81 | 2,55 | 3,05 |
| 103500 | 1,17 | 1,17 | 1,16 | 2,8 | 2,57 | 3,02 |
| 103800 | 1,15 | 1,15 | 1,16 | 2,8 | 2,57 | 3,02 |
| 104100 | 1,14 | 1,14 | 1,16 | 2,79 | 2,55 | 2,99 |
| 104400 | 1,09 | 1,09 | 1,15 | 2,74 | 2,54 | 2,98 |
| 104700 | 1,07 | 1,07 | 1,15 | 2,72 | 2,51 | 2,95 |
| 105000 | 1,07 | 1,07 | 1,14 | 2,72 | 2,48 | 2,93 |
| 105300 | 1,06 | 1,06 | 1,12 | 2,71 | 2,4 | 2,92 |
| 105600 | 1,05 | 1,05 | 1,12 | 2,68 | 2,42 | 2,89 |
| 105900 | 1,05 | 1,05 | 1,12 | 2,64 | 2,43 | 2,88 |
| 106200 | 1,06 | 1,06 | 1,11 | 2,64 | 2,42 | 2,86 |
| 106500 | 1,01 | 1,01 | 1,1 | 2,63 | 2,39 | 2,84 |
| 106800 | 0,99 | 0,99 | 1,09 | 2,62 | 2,37 | 2,83 |
| 107100 | 0,99 | 0,99 | 1,09 | 2,58 | 2,34 | 2,79 |
| 107400 | 0,98 | 0,98 | 1,08 | 2,57 | 2,3 | 2,78 |
| 107700 | 0,99 | 0,99 | 1,07 | 2,56 | 2,29 | 2,77 |
| 108000 | 0,98 | 0,98 | 1,07 | 2,55 | 2,3 | 2,74 |
| 108300 | 0,96 | 0,96 | 1,06 | 2,52 | 2,29 | 2,74 |
| 108600 | 0,95 | 0,95 | 1,07 | 2,49 | 2,28 | 2,71 |
| 108900 | 0,96 | 0,96 | 1,05 | 2,48 | 2,25 | 2,69 |
| 109200 | 0,92 | 0,92 | 1,05 | 2,48 | 2,22 | 2,69 |
| 109500 | 0,89 | 0,89 | 1,06 | 2,47 | 2,2 | 2,67 |
| 109800 | 0,88 | 0,88 | 1,06 | 2,45 | 2,16 | 2,66 |
| 110100 | 0,88 | 0,88 | 1,04 | 2,41 | 2,15 | 2,63 |
| 110400 | 0,88 | 0,88 | 1,04 | 2,41 | 2,17 | 2,62 |
| 110700 | 0,87 | 0,87 | 1,04 | 2,41 | 2,16 | 2,61 |
| 111000 | 0,87 | 0,87 | 1,04 | 2,39 | 2,15 | 2,58 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 111300 | 0,86 | 0,86 | 1,03 | 2,38 | 2,12 | 2,58 |
| 111600 | 0,84 | 0,84 | 1,03 | 2,33 | 2,09 | 2,57 |
| 111900 | 0,86 | 0,86 | 1,02 | 2,33 | 2,06 | 2,55 |
| 112200 | 0,8 | 0,8 | 1 | 2,33 | 2,04 | 2,54 |
| 112500 | 0,79 | 0,79 | 1,01 | 2,32 | 2,01 | 2,52 |
| 112800 | 0,79 | 0,79 | 1 | 2,31 | 2,03 | 2,5 |
| 113100 | 0,79 | 0,79 | 0,98 | 2,27 | 2,05 | 2,5 |
| 113400 | 0,79 | 0,79 | 0,98 | 2,25 | 2,03 | 2,47 |
| 113700 | 0,78 | 0,78 | 0,98 | 2,25 | 2,02 | 2,47 |
| 114000 | 0,78 | 0,78 | 0,97 | 2,25 | 1,99 | 2,47 |
| 114300 | 0,77 | 0,77 | 0,95 | 2,25 | 1,96 | 2,43 |
| 114600 | 0,76 | 0,76 | 0,94 | 2,23 | 1,94 | 2,43 |
| 114900 | 0,76 | 0,76 | 0,95 | 2,19 | 1,93 | 2,43 |
| 115200 | 0,76 | 0,76 | 0,95 | 2,18 | 1,91 | 2,39 |
| 115500 | 0,74 | 0,74 | 0,94 | 2,18 | 1,88 | 2,39 |
| 115800 | 0,73 | 0,73 | 0,92 | 2,18 | 1,9 | 2,4 |
| 116100 | 0,73 | 0,73 | 0,92 | 2,17 | 1,92 | 2,36 |
| 116400 | 0,72 | 0,72 | 0,91 | 2,17 | 1,91 | 2,36 |
| 116700 | 0,74 | 0,74 | 0,91 | 2,11 | 1,89 | 2,36 |
| 117000 | 0,7 | 0,7 | 0,89 | 2,11 | 1,86 | 2,31 |
| 117300 | 0,68 | 0,68 | 0,88 | 2,1 | 1,85 | 2,32 |
| 117600 | 0,68 | 0,68 | 0,89 | 2,11 | 1,82 | 2,31 |
| 117900 | 0,68 | 0,68 | 0,87 | 2,1 | 1,8 | 2,31 |
| 118200 | 0,67 | 0,67 | 0,87 | 2,09 | 1,78 | 2,29 |
| 118500 | 0,68 | 0,68 | 0,85 | 2,07 | 1,77 | 2,28 |
| 118800 | 0,68 | 0,68 | 0,85 | 2,03 | 1,74 | 2,29 |
| 119100 | 0,68 | 0,68 | 0,84 | 2,04 | 1,75 | 2,25 |
| 119400 | 0,67 | 0,67 | 0,84 | 2,04 | 1,77 | 2,24 |
| 119700 | 0,66 | 0,66 | 0,84 | 2,03 | 1,77 | 2,24 |
| 120000 | 0,66 | 0,66 | 0,81 | 2,03 | 1,76 | 2,22 |
| 120300 | 0,65 | 0,65 | 0,8 | 2,02 | 1,74 | 2,22 |
| 120600 | 0,64 | 0,64 | 0,8 | 1,99 | 1,73 | 2,21 |
| 120900 | 0,64 | 0,64 | 0,8 | 1,95 | 1,7 | 2,21 |
| 121200 | 0,63 | 0,63 | 0,79 | 1,96 | 1,69 | 2,17 |
| 121500 | 0,63 | 0,63 | 0,79 | 1,96 | 1,68 | 2,17 |
| 121800 | 0,62 | 0,62 | 0,76 | 1,96 | 1,67 | 2,17 |
| 122100 | 0,62 | 0,62 | 0,77 | 1,96 | 1,65 | 2,18 |
| 122400 | 0,61 | 0,61 | 0,77 | 1,95 | 1,64 | 2,14 |
| 122700 | 0,61 | 0,61 | 0,75 | 1,94 | 1,63 | 2,14 |
| 123000 | 0,61 | 0,61 | 0,75 | 1,91 | 1,65 | 2,14 |
| 123300 | 0,6 | 0,6 | 0,74 | 1,88 | 1,66 | 2,13 |
| 123600 | 0,6 | 0,6 | 0,73 | 1,88 | 1,65 | 2,11 |
| 123900 | 0,59 | 0,59 | 0,71 | 1,89 | 1,63 | 2,11 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 124200 | 0,59 | 0,59 | 0,73 | 1,88 | 1,62 | 2,09 |
| 124500 | 0,58 | 0,58 | 0,74 | 1,88 | 1,6 | 2,1 |
| 124800 | 0,58 | 0,58 | 0,72 | 1,87 | 1,59 | 2,09 |
| 125100 | 0,58 | 0,58 | 0,7 | 1,87 | 1,57 | 2,07 |
| 125400 | 0,57 | 0,57 | 0,7 | 1,86 | 1,56 | 2,06 |
| 125700 | 0,56 | 0,56 | 0,71 | 1,85 | 1,56 | 2,06 |
| 126000 | 0,55 | 0,55 | 0,71 | 1,81 | 1,55 | 2,06 |
| 126300 | 0,56 | 0,56 | 0,69 | 1,8 | 1,54 | 2,03 |
| 126600 | 0,55 | 0,55 | 0,7 | 1,81 | 1,53 | 2,03 |
| 126900 | 0,54 | 0,54 | 0,69 | 1,8 | 1,51 | 2,02 |
| 127200 | 0,55 | 0,55 | 0,68 | 1,8 | 1,51 | 2,02 |
| 127500 | 0,54 | 0,54 | 0,69 | 1,79 | 1,5 | 2,02 |
| 127800 | 0,53 | 0,53 | 0,68 | 1,79 | 1,49 | 1,99 |
| 128100 | 0,53 | 0,53 | 0,66 | 1,79 | 1,48 | 1,99 |
| 128400 | 0,53 | 0,53 | 0,66 | 1,78 | 1,47 | 1,99 |
| 128700 | 0,52 | 0,52 | 0,64 | 1,77 | 1,46 | 1,98 |
| 129000 | 0,52 | 0,52 | 0,64 | 1,76 | 1,45 | 1,97 |
| 129300 | 0,52 | 0,52 | 0,64 | 1,71 | 1,44 | 1,96 |
| 129600 | 0,51 | 0,51 | 0,63 | 1,71 | 1,44 | 1,95 |
| 129900 | 0,51 | 0,51 | 0,63 | 1,72 | 1,43 | 1,95 |
| 130200 | 0,5 | 0,5 | 0,63 | 1,71 | 1,42 | 1,95 |
| 130500 | 0,49 | 0,49 | 0,63 | 1,72 | 1,42 | 1,93 |
| 130800 | 0,49 | 0,49 | 0,64 | 1,71 | 1,4 | 1,92 |
| 131100 | 0,49 | 0,49 | 0,6 | 1,7 | 1,4 | 1,92 |
| 131400 | 0,49 | 0,49 | 0,61 | 1,7 | 1,41 | 1,91 |
| 131700 | 0,48 | 0,48 | 0,61 | 1,7 | 1,42 | 1,91 |
| 132000 | 0,48 | 0,48 | 0,6 | 1,68 | 1,42 | 1,9 |
| 132300 | 0,48 | 0,48 | 0,61 | 1,68 | 1,4 | 1,89 |
| 132600 | 0,46 | 0,46 | 0,6 | 1,67 | 1,4 | 1,89 |
| 132900 | 0,46 | 0,46 | 0,6 | 1,67 | 1,38 | 1,88 |
| 133200 | 0,46 | 0,46 | 0,6 | 1,66 | 1,37 | 1,87 |
| 133500 | 0,46 | 0,46 | 0,6 | 1,61 | 1,36 | 1,88 |
| 133800 | 0,46 | 0,46 | 0,58 | 1,6 | 1,35 | 1,86 |
| 134100 | 0,45 | 0,45 | 0,57 | 1,61 | 1,34 | 1,85 |
| 134400 | 0,45 | 0,45 | 0,58 | 1,62 | 1,34 | 1,84 |
| 134700 | 0,45 | 0,45 | 0,56 | 1,62 | 1,33 | 1,85 |
| 135000 | 0,44 | 0,44 | 0,57 | 1,62 | 1,33 | 1,85 |
| 135300 | 0,44 | 0,44 | 0,57 | 1,62 | 1,33 | 1,82 |
| 135600 | 0,44 | 0,44 | 0,57 | 1,61 | 1,31 | 1,82 |
| 135900 | 0,44 | 0,44 | 0,57 | 1,6 | 1,31 | 1,81 |
| 136200 | 0,44 | 0,44 | 0,56 | 1,6 | 1,3 | 1,81 |
| 136500 | 0,43 | 0,43 | 0,57 | 1,6 | 1,3 | 1,81 |
| 136800 | 0,43 | 0,43 | 0,57 | 1,58 | 1,3 | 1,82 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 137100 | 0,43 | 0,43 | 0,56 | 1,58 | 1,28 | 1,79 |
| 137400 | 0,42 | 0,42 | 0,56 | 1,57 | 1,27 | 1,78 |
| 137700 | 0,41 | 0,41 | 0,54 | 1,57 | 1,27 | 1,79 |
| 138000 | 0,42 | 0,42 | 0,55 | 1,55 | 1,27 | 1,78 |
| 138300 | 0,41 | 0,41 | 0,54 | 1,51 | 1,26 | 1,78 |
| 138600 | 0,42 | 0,42 | 0,52 | 1,51 | 1,26 | 1,78 |
| 138900 | 0,41 | 0,41 | 0,53 | 1,51 | 1,26 | 1,76 |
| 139200 | 0,41 | 0,41 | 0,53 | 1,52 | 1,25 | 1,75 |
| 139500 | 0,4 | 0,4 | 0,52 | 1,51 | 1,23 | 1,75 |
| 139800 | 0,4 | 0,4 | 0,53 | 1,52 | 1,23 | 1,74 |
| 140100 | 0,39 | 0,39 | 0,52 | 1,5 | 1,23 | 1,75 |
| 140400 | 0,39 | 0,39 | 0,51 | 1,46 | 1,22 | 1,74 |
| 140700 | 0,38 | 0,38 | 0,51 | 1,45 | 1,22 | 1,75 |
| 141000 | 0,38 | 0,38 | 0,51 | 1,47 | 1,21 | 1,72 |
| 141300 | 0,38 | 0,38 | 0,52 | 1,46 | 1,21 | 1,71 |
| 141600 | 0,38 | 0,38 | 0,52 | 1,47 | 1,2 | 1,71 |
| 141900 | 0,39 | 0,39 | 0,5 | 1,44 | 1,2 | 1,71 |
| 142200 | 0,37 | 0,37 | 0,5 | 1,42 | 1,2 | 1,71 |
| 142500 | 0,37 | 0,37 | 0,51 | 1,43 | 1,19 | 1,71 |
| 142800 | 0,37 | 0,37 | 0,49 | 1,43 | 1,19 | 1,71 |
| 143100 | 0,37 | 0,37 | 0,47 | 1,42 | 1,18 | 1,69 |
| 143400 | 0,37 | 0,37 | 0,48 | 1,39 | 1,18 | 1,68 |
| 143700 | 0,36 | 0,36 | 0,48 | 1,39 | 1,18 | 1,68 |
| 144000 | 0,36 | 0,36 | 0,48 | 1,4 | 1,17 | 1,68 |
| 144300 | 0,35 | 0,35 | 0,48 | 1,4 | 1,16 | 1,67 |
| 144600 | 0,35 | 0,35 | 0,47 | 1,37 | 1,16 | 1,67 |
| 144900 | 0,35 | 0,35 | 0,45 | 1,38 | 1,16 | 1,67 |
| 145200 | 0,34 | 0,34 | 0,46 | 1,38 | 1,16 | 1,67 |
| 145500 | 0,34 | 0,34 | 0,46 | 1,37 | 1,15 | 1,64 |
| 145800 | 0,34 | 0,34 | 0,46 | 1,34 | 1,15 | 1,64 |
| 146100 | 0,33 | 0,33 | 0,46 | 1,36 | 1,13 | 1,64 |
| 146400 | 0,34 | 0,34 | 0,45 | 1,36 | 1,14 | 1,64 |
| 146700 | 0,33 | 0,33 | 0,45 | 1,32 | 1,16 | 1,64 |
| 147000 | 0,33 | 0,33 | 0,46 | 1,32 | 1,15 | 1,63 |
| 147300 | 0,33 | 0,33 | 0,45 | 1,34 | 1,14 | 1,64 |
| 147600 | 0,32 | 0,32 | 0,44 | 1,31 | 1,13 | 1,63 |
| 147900 | 0,32 | 0,32 | 0,43 | 1,31 | 1,12 | 1,64 |
| 148200 | 0,32 | 0,32 | 0,44 | 1,32 | 1,12 | 1,61 |
| 148500 | 0,31 | 0,31 | 0,43 | 1,3 | 1,11 | 1,61 |
| 148800 | 0,31 | 0,31 | 0,43 | 1,29 | 1,1 | 1,6 |
| 149100 | 0,3 | 0,3 | 0,44 | 1,3 | 1,11 | 1,6 |
| 149400 | 0,3 | 0,3 | 0,43 | 1,3 | 1,1 | 1,6 |
| 149700 | 0,31 | 0,31 | 0,43 | 1,28 | 1,09 | 1,6 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 150000 | 0,3 | 0,3 | 0,43 | 1,29 | 1,09 | 1,6 |
| 150300 | 0,3 | 0,3 | 0,41 | 1,3 | 1,09 | 1,6 |
| 150600 | 0,3 | 0,3 | 0,41 | 1,26 | 1,09 | 1,59 |
| 150900 | 0,29 | 0,29 | 0,41 | 1,27 | 1,08 | 1,59 |
| 151200 | 0,29 | 0,29 | 0,41 | 1,27 | 1,07 | 1,57 |
| 151500 | 0,29 | 0,29 | 0,4 | 1,24 | 1,07 | 1,57 |
| 151800 | 0,28 | 0,28 | 0,41 | 1,25 | 1,04 | 1,56 |
| 152100 | 0,29 | 0,29 | 0,42 | 1,26 | 1,05 | 1,55 |
| 152400 | 0,29 | 0,29 | 0,4 | 1,24 | 1,07 | 1,55 |
| 152700 | 0,28 | 0,28 | 0,39 | 1,24 | 1,08 | 1,56 |
| 153000 | 0,28 | 0,28 | 0,39 | 1,26 | 1,08 | 1,55 |
| 153300 | 0,28 | 0,28 | 0,38 | 1,24 | 1,07 | 1,55 |
| 153600 | 0,27 | 0,27 | 0,37 | 1,23 | 1,06 | 1,55 |
| 153900 | 0,27 | 0,27 | 0,38 | 1,25 | 1,05 | 1,55 |
| 154200 | 0,27 | 0,27 | 0,39 | 1,23 | 1,04 | 1,55 |
| 154500 | 0,28 | 0,28 | 0,38 | 1,22 | 1,04 | 1,52 |
| 154800 | 0,26 | 0,26 | 0,38 | 1,24 | 1,03 | 1,53 |
| 155100 | 0,26 | 0,26 | 0,38 | 1,21 | 1,04 | 1,52 |
| 155400 | 0,26 | 0,26 | 0,38 | 1,21 | 1,05 | 1,51 |
| 155700 | 0,26 | 0,26 | 0,38 | 1,22 | 1,05 | 1,51 |
| 156000 | 0,26 | 0,26 | 0,37 | 1,19 | 1,05 | 1,51 |
| 156300 | 0,26 | 0,26 | 0,37 | 1,2 | 1,03 | 1,51 |
| 156600 | 0,26 | 0,26 | 0,37 | 1,21 | 1,02 | 1,51 |
| 156900 | 0,25 | 0,25 | 0,37 | 1,18 | 0,99 | 1,5 |
| 157200 | 0,25 | 0,25 | 0,36 | 1,19 | 1,01 | 1,5 |
| 157500 | 0,25 | 0,25 | 0,37 | 1,19 | 1,01 | 1,5 |
| 157800 | 0,25 | 0,25 | 0,35 | 1,17 | 1,03 | 1,5 |
| 158100 | 0,25 | 0,25 | 0,35 | 1,19 | 1,04 | 1,5 |
| 158400 | 0,24 | 0,24 | 0,37 | 1,17 | 1,03 | 1,48 |
| 158700 | 0,24 | 0,24 | 0,37 | 1,16 | 1,01 | 1,48 |
| 159000 | 0,24 | 0,24 | 0,35 | 1,17 | 1 | 1,48 |
| 159300 | 0,24 | 0,24 | 0,34 | 1,15 | 1 | 1,47 |
| 159600 | 0,23 | 0,23 | 0,34 | 1,16 | 1,02 | 1,47 |
| 159900 | 0,24 | 0,24 | 0,33 | 1,15 | 1,03 | 1,47 |
| 160200 | 0,23 | 0,23 | 0,32 | 1,15 | 1,02 | 1,46 |
| 160500 | 0,23 | 0,23 | 0,33 | 1,15 | 1,01 | 1,47 |
| 160800 | 0,23 | 0,23 | 0,33 | 1,13 | 1 | 1,46 |
| 161100 | 0,23 | 0,23 | 0,31 | 1,15 | 0,98 | 1,46 |
| 161400 | 0,23 | 0,23 | 0,31 | 1,14 | 0,95 | 1,46 |
| 161700 | 0,23 | 0,23 | 0,32 | 1,14 | 0,96 | 1,46 |
| 162000 | 0,23 | 0,23 | 0,31 | 1,15 | 0,99 | 1,45 |
| 162300 | 0,23 | 0,23 | 0,31 | 1,13 | 1 | 1,45 |
| 162600 | 0,24 | 0,24 | 0,29 | 1,15 | 1 | 1,45 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 162900 | 0,22 | 0,22 | 0,3 | 1,13 | 0,98 | 1,43 |
| 163200 | 0,22 | 0,22 | 0,3 | 1,14 | 0,97 | 1,43 |
| 163500 | 0,22 | 0,22 | 0,3 | 1,15 | 0,95 | 1,42 |
| 163800 | 0,21 | 0,21 | 0,3 | 1,12 | 0,92 | 1,42 |
| 164100 | 0,22 | 0,22 | 0,3 | 1,13 | 0,96 | 1,42 |
| 164400 | 0,22 | 0,22 | 0,29 | 1,12 | 0,98 | 1,42 |
| 164700 | 0,21 | 0,21 | 0,29 | 1,13 | 0,98 | 1,42 |
| 165000 | 0,22 | 0,22 | 0,28 | 1,13 | 0,98 | 1,42 |
| 165300 | 0,22 | 0,22 | 0,26 | 1,12 | 0,97 | 1,41 |
| 165600 | 0,22 | 0,22 | 0,26 | 1,13 | 0,94 | 1,41 |
| 165900 | 0,22 | 0,22 | 0,26 | 1,12 | 0,94 | 1,41 |
| 166200 | 0,22 | 0,22 | 0,26 | 1,12 | 0,96 | 1,4 |
| 166500 | 0,22 | 0,22 | 0,26 | 1,11 | 0,98 | 1,4 |
| 166800 | 0,22 | 0,22 | 0,24 | 1,12 | 0,97 | 1,4 |
| 167100 | 0,22 | 0,22 | 0,24 | 1,12 | 0,92 | 1,4 |
| 167400 | 0,22 | 0,22 | 0,26 | 1,11 | 0,94 | 1,39 |
| 167700 | 0,22 | 0,22 | 0,26 | 1,13 | 0,96 | 1,38 |
| 168000 | 0,22 | 0,22 | 0,28 | 1,12 | 0,96 | 1,38 |
| 168300 | 0,23 | 0,23 | 0,31 | 1,14 | 0,94 | 1,37 |
| 168600 | 0,23 | 0,23 | 0,32 | 1,12 | 0,92 | 1,37 |
| 168900 | 0,25 | 0,25 | 0,32 | 1,13 | 0,95 | 1,37 |
| 169200 | 0,26 | 0,26 | 0,31 | 1,13 | 0,96 | 1,37 |
| 169500 | 0,27 | 0,27 | 0,32 | 1,12 | 0,96 | 1,37 |
| 169800 | 0,24 | 0,24 | 0,31 | 1,13 | 0,9 | 1,37 |
| 170100 | 0,24 | 0,24 | 0,3 | 1,12 | 0,93 | 1,37 |
| 170400 | 0,25 | 0,25 | 0,29 | 1,14 | 0,95 | 1,36 |
| 170700 | 0,27 | 0,27 | 0,29 | 1,12 | 0,95 | 1,36 |
| 171000 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 1,13 | 0,92 | 1,34 |
| 171300 | 0,27 | 0,27 | 0,25 | 1,14 | 0,91 | 1,34 |
| 171600 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 1,12 | 0,93 | 1,33 |
| 171900 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 1,14 | 0,93 | 1,34 |
| 172200 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 1,12 | 0,94 | 1,33 |
| 172500 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 1,13 | 0,89 | 1,33 |
| 172800 | 0,27 | 0,27 | 0,29 | 1,13 | 0,91 | 1,33 |
| 173100 | 0,28 | 0,28 | 0,31 | 1,13 | 0,92 | 1,34 |
| 173400 | 0,28 | 0,28 | 0,3 | 1,15 | 0,93 | 1,31 |
| 173700 | 0,24 | 0,24 | 0,29 | 1,13 | 0,92 | 1,31 |
| 174000 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 1,14 | 0,87 | 1,31 |
| 174300 | 0,26 | 0,26 | 0,29 | 1,12 | 0,9 | 1,31 |
| 174600 | 0,27 | 0,27 | 0,3 | 1,12 | 0,91 | 1,31 |
| 174900 | 0,28 | 0,28 | 0,3 | 1,13 | 0,92 | 1,3 |
| 175200 | 0,28 | 0,28 | 0,33 | 1,12 | 0,9 | 1,3 |
| 175500 | 0,29 | 0,29 | 0,33 | 1,13 | 0,87 | 1,3 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 175800 | 0,29 | 0,29 | 0,33 | 1,11 | 0,89 | 1,3 |
| 176100 | 0,25 | 0,25 | 0,34 | 1,12 | 0,91 | 1,3 |
| 176400 | 0,26 | 0,26 | 0,35 | 1,14 | 0,91 | 1,3 |
| 176700 | 0,28 | 0,28 | 0,34 | 1,12 | 0,9 | 1,28 |
| 177000 | 0,3 | 0,3 | 0,34 | 1,14 | 0,85 | 1,28 |
| 177300 | 0,28 | 0,28 | 0,36 | 1,13 | 0,87 | 1,29 |
| 177600 | 0,27 | 0,27 | 0,39 | 1,12 | 0,89 | 1,28 |
| 177900 | 0,28 | 0,28 | 0,41 | 1,13 | 0,9 | 1,28 |
| 178200 | 0,29 | 0,29 | 0,44 | 1,11 | 0,9 | 1,29 |
| 178500 | 0,29 | 0,29 | 0,45 | 1,13 | 0,83 | 1,27 |
| 178800 | 0,3 | 0,3 | 0,46 | 1,13 | 0,86 | 1,27 |
| 179100 | 0,29 | 0,29 | 0,43 | 1,12 | 0,88 | 1,27 |
| 179400 | 0,29 | 0,29 | 0,42 | 1,14 | 0,89 | 1,26 |
| 179700 | 0,29 | 0,29 | 0,44 | 1,12 | 0,88 | 1,27 |
| 180000 | 0,3 | 0,3 | 0,46 | 1,13 | 0,85 | 1,26 |
| 180300 | 0,26 | 0,26 | 0,46 | 1,13 | 0,84 | 1,26 |
| 180600 | 0,27 | 0,27 | 0,45 | 1,13 | 0,87 | 1,25 |
| 180900 | 0,27 | 0,27 | 0,46 | 1,14 | 0,88 | 1,26 |
| 181200 | 0,28 | 0,28 | 0,45 | 1,13 | 0,87 | 1,25 |
| 181500 | 0,29 | 0,29 | 0,45 | 1,12 | 0,86 | 1,24 |
| 181800 | 0,29 | 0,29 | 0,42 | 1,14 | 0,85 | 1,24 |
| 182100 | 0,29 | 0,29 | 0,39 | 1,12 | 0,8 | 1,25 |
| 182400 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 1,11 | 0,83 | 1,23 |
| 182700 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 1,12 | 0,85 | 1,23 |
| 183000 | 0,32 | 0,32 | 0,42 | 1,11 | 0,86 | 1,23 |
| 183300 | 0,3 | 0,3 | 0,43 | 1,1 | 0,84 | 1,25 |
| 183600 | 0,28 | 0,28 | 0,42 | 1,12 | 0,84 | 1,23 |
| 183900 | 0,28 | 0,28 | 0,44 | 1,12 | 0,82 | 1,23 |
| 184200 | 0,29 | 0,29 | 0,45 | 1,1 | 0,77 | 1,24 |
| 184500 | 0,29 | 0,29 | 0,46 | 1,11 | 0,81 | 1,24 |
| 184800 | 0,3 | 0,3 | 0,44 | 1,12 | 0,83 | 1,22 |
| 185100 | 0,29 | 0,29 | 0,46 | 1,11 | 0,83 | 1,22 |
| 185400 | 0,3 | 0,3 | 0,46 | 1,11 | 0,83 | 1,22 |
| 185700 | 0,29 | 0,29 | 0,46 | 1,12 | 0,81 | 1,2 |
| 186000 | 0,3 | 0,3 | 0,44 | 1,09 | 0,79 | 1,21 |
| 186300 | 0,26 | 0,26 | 0,45 | 1,09 | 0,79 | 1,23 |
| 186600 | 0,26 | 0,26 | 0,45 | 1,1 | 0,74 | 1,2 |
| 186900 | 0,27 | 0,27 | 0,48 | 1,09 | 0,79 | 1,21 |
| 187200 | 0,28 | 0,28 | 0,49 | 1,08 | 0,81 | 1,22 |
| 187500 | 0,28 | 0,28 | 0,5 | 1,1 | 0,81 | 1,21 |
| 187800 | 0,28 | 0,28 | 0,5 | 1,11 | 0,8 | 1,2 |
| 188100 | 0,28 | 0,28 | 0,51 | 1,08 | 0,79 | 1,21 |
| 188400 | 0,27 | 0,27 | 0,51 | 1,08 | 0,77 | 1,19 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 188700 | 0,28 | 0,28 | 0,54 | 1,1 | 0,77 | 1,21 |
| 189000 | 0,28 | 0,28 | 0,54 | 1,09 | 0,74 | 1,21 |
| 189300 | 0,27 | 0,27 | 0,55 | 1,06 | 0,76 | 1,2 |
| 189600 | 0,28 | 0,28 | 0,56 | 1,07 | 0,79 | 1,21 |
| 189900 | 0,27 | 0,27 | 0,56 | 1,09 | 0,79 | 1,19 |
| 190200 | 0,28 | 0,28 | 0,57 | 1,06 | 0,8 | 1,19 |
| 190500 | 0,25 | 0,25 | 0,57 | 1,06 | 0,78 | 1,21 |
| 190800 | 0,24 | 0,24 | 0,57 | 1,08 | 0,77 | 1,18 |
| 191100 | 0,25 | 0,25 | 0,58 | 1,07 | 0,75 | 1,19 |
| 191400 | 0,26 | 0,26 | 0,59 | 1,05 | 0,74 | 1,2 |
| 191700 | 0,26 | 0,26 | 0,59 | 1,06 | 0,72 | 1,18 |
| 192000 | 0,25 | 0,25 | 0,58 | 1,07 | 0,74 | 1,19 |
| 192300 | 0,25 | 0,25 | 0,57 | 1,07 | 0,77 | 1,17 |
| 192600 | 0,26 | 0,26 | 0,57 | 1,05 | 0,78 | 1,18 |
| 192900 | 0,26 | 0,26 | 0,56 | 1,06 | 0,78 | 1,15 |
| 193200 | 0,25 | 0,25 | 0,57 | 1,07 | 0,76 | 1,17 |
| 193500 | 0,25 | 0,25 | 0,56 | 1,05 | 0,76 | 1,16 |
| 193800 | 0,25 | 0,25 | 0,57 | 1,03 | 0,73 | 1,16 |
| 194100 | 0,24 | 0,24 | 0,57 | 1,05 | 0,73 | 1,19 |
| 194400 | 0,24 | 0,24 | 0,56 | 1,06 | 0,72 | 1,16 |
| 194700 | 0,23 | 0,23 | 0,57 | 1,04 | 0,69 | 1,18 |
| 195000 | 0,23 | 0,23 | 0,58 | 1,03 | 0,75 | 1,15 |
| 195300 | 0,24 | 0,24 | 0,56 | 1,04 | 0,76 | 1,16 |
| 195600 | 0,25 | 0,25 | 0,57 | 1,05 | 0,76 | 1,18 |
| 195900 | 0,22 | 0,22 | 0,57 | 1,03 | 0,75 | 1,17 |
| 196200 | 0,21 | 0,21 | 0,56 | 1,01 | 0,74 | 1,18 |
| 196500 | 0,21 | 0,21 | 0,57 | 1,03 | 0,72 | 1,16 |
| 196800 | 0,21 | 0,21 | 0,55 | 1,04 | 0,71 | 1,17 |
| 197100 | 0,22 | 0,22 | 0,54 | 1,03 | 0,7 | 1,18 |
| 197400 | 0,22 | 0,22 | 0,54 | 1,01 | 0,7 | 1,16 |
| 197700 | 0,21 | 0,21 | 0,54 | 1,02 | 0,67 | 1,18 |
| 198000 | 0,21 | 0,21 | 0,54 | 1,03 | 0,71 | 1,18 |
| 198300 | 0,2 | 0,2 | 0,53 | 1,03 | 0,73 | 1,17 |
| 198600 | 0,21 | 0,21 | 0,52 | 1 | 0,73 | 1,19 |
| 198900 | 0,21 | 0,21 | 0,51 | 1,01 | 0,74 | 1,17 |
| 199200 | 0,22 | 0,22 | 0,52 | 1,02 | 0,72 | 1,17 |
| 199500 | 0,21 | 0,21 | 0,51 | 1,03 | 0,71 | 1,18 |
| 199800 | 0,21 | 0,21 | 0,51 | 1,01 | 0,7 | 1,17 |
| 200100 | 0,21 | 0,21 | 0,51 | 0,99 | 0,7 | 1,17 |
| 200400 | 0,2 | 0,2 | 0,51 | 1,01 | 0,68 | 1,19 |
| 200700 | 0,21 | 0,21 | 0,51 | 1,02 | 0,68 | 1,16 |
| 201000 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 1,02 | 0,67 | 1,17 |
| 201300 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 1 | 0,68 | 1,18 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 201600 | 0,2 | 0,2 | 0,49 | 0,98 | 0,7 | 1,16 |
| 201900 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,99 | 0,72 | 1,17 |
| 202200 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 1 | 0,71 | 1,19 |
| 202500 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 1,01 | 0,71 | 1,16 |
| 202800 | 0,2 | 0,2 | 0,48 | 0,99 | 0,7 | 1,16 |
| 203100 | 0,2 | 0,2 | 0,49 | 0,97 | 0,69 | 1,18 |
| 203400 | 0,2 | 0,2 | 0,48 | 0,98 | 0,67 | 1,16 |
| 203700 | 0,19 | 0,19 | 0,47 | 0,99 | 0,67 | 1,16 |
| 204000 | 0,19 | 0,19 | 0,46 | 0,99 | 0,66 | 1,17 |
| 204300 | 0,2 | 0,2 | 0,46 | 0,99 | 0,67 | 1,18 |
| 204600 | 0,19 | 0,19 | 0,45 | 0,95 | 0,67 | 1,16 |
| 204900 | 0,19 | 0,19 | 0,46 | 0,96 | 0,63 | 1,17 |
| 205200 | 0,19 | 0,19 | 0,46 | 0,97 | 0,66 | 1,18 |
| 205500 | 0,2 | 0,2 | 0,45 | 0,98 | 0,69 | 1,15 |
| 205800 | 0,19 | 0,19 | 0,43 | 0,98 | 0,7 | 1,16 |
| 206100 | 0,19 | 0,19 | 0,44 | 0,97 | 0,69 | 1,16 |
| 206400 | 0,19 | 0,19 | 0,43 | 0,95 | 0,68 | 1,18 |
| 206700 | 0,18 | 0,18 | 0,45 | 0,94 | 0,66 | 1,16 |
| 207000 | 0,18 | 0,18 | 0,44 | 0,96 | 0,66 | 1,16 |
| 207300 | 0,18 | 0,18 | 0,44 | 0,97 | 0,65 | 1,16 |
| 207600 | 0,18 | 0,18 | 0,43 | 0,97 | 0,64 | 1,17 |
| 207900 | 0,18 | 0,18 | 0,43 | 0,98 | 0,64 | 1,15 |
| 208200 | 0,18 | 0,18 | 0,42 | 0,95 | 0,64 | 1,15 |
| 208500 | 0,18 | 0,18 | 0,42 | 0,93 | 0,65 | 1,16 |
| 208800 | 0,18 | 0,18 | 0,42 | 0,94 | 0,64 | 1,15 |
| 209100 | 0,17 | 0,17 | 0,42 | 0,95 | 0,63 | 1,15 |
| 209400 | 0,17 | 0,17 | 0,41 | 0,96 | 0,66 | 1,15 |
| 209700 | 0,17 | 0,17 | 0,42 | 0,95 | 0,67 | 1,15 |
| 210000 | 0,18 | 0,18 | 0,41 | 0,96 | 0,67 | 1,16 |
| 210300 | 0,17 | 0,17 | 0,41 | 0,92 | 0,66 | 1,14 |
| 210600 | 0,17 | 0,17 | 0,41 | 0,91 | 0,66 | 1,15 |
| 210900 | 0,16 | 0,16 | 0,41 | 0,92 | 0,64 | 1,15 |
| 211200 | 0,17 | 0,17 | 0,41 | 0,94 | 0,64 | 1,15 |
| 211500 | 0,16 | 0,16 | 0,4 | 0,94 | 0,63 | 1,15 |
| 211800 | 0,17 | 0,17 | 0,4 | 0,94 | 0,62 | 1,14 |
| 212100 | 0,17 | 0,17 | 0,4 | 0,95 | 0,62 | 1,14 |
| 212400 | 0,16 | 0,16 | 0,39 | 0,94 | 0,62 | 1,15 |
| 212700 | 0,16 | 0,16 | 0,38 | 0,89 | 0,62 | 1,15 |
| 213000 | 0,16 | 0,16 | 0,38 | 0,9 | 0,61 | 1,16 |
| 213300 | 0,15 | 0,15 | 0,38 | 0,91 | 0,59 | 1,13 |
| 213600 | 0,16 | 0,16 | 0,38 | 0,92 | 0,61 | 1,13 |
| 213900 | 0,15 | 0,15 | 0,38 | 0,92 | 0,64 | 1,14 |
| 214200 | 0,15 | 0,15 | 0,37 | 0,93 | 0,64 | 1,14 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 214500 | 0,14 | 0,14 | 0,38 | 0,92 | 0,64 | 1,15 |
| 214800 | 0,14 | 0,14 | 0,37 | 0,92 | 0,63 | 1,15 |
| 215100 | 0,14 | 0,14 | 0,37 | 0,9 | 0,62 | 1,13 |
| 215400 | 0,15 | 0,15 | 0,36 | 0,87 | 0,61 | 1,13 |
| 215700 | 0,14 | 0,14 | 0,37 | 0,89 | 0,61 | 1,14 |
| 216000 | 0,14 | 0,14 | 0,36 | 0,89 | 0,61 | 1,13 |
| 216300 | 0,14 | 0,14 | 0,34 | 0,91 | 0,59 | 1,13 |
| 216600 | 0,14 | 0,14 | 0,35 | 0,9 | 0,6 | 1,14 |
| 216900 | 0,13 | 0,13 | 0,35 | 0,91 | 0,6 | 1,13 |
| 217200 | 0,14 | 0,14 | 0,35 | 0,91 | 0,59 | 1,13 |
| 217500 | 0,13 | 0,13 | 0,36 | 0,9 | 0,59 | 1,12 |
| 217800 | 0,13 | 0,13 | 0,36 | 0,87 | 0,59 | 1,12 |
| 218100 | 0,13 | 0,13 | 0,36 | 0,85 | 0,59 | 1,13 |
| 218400 | 0,12 | 0,12 | 0,36 | 0,87 | 0,59 | 1,13 |
| 218700 | 0,12 | 0,12 | 0,34 | 0,88 | 0,59 | 1,13 |
| 219000 | 0,12 | 0,12 | 0,34 | 0,89 | 0,58 | 1,13 |
| 219300 | 0,12 | 0,12 | 0,35 | 0,89 | 0,55 | 1,12 |
| 219600 | 0,11 | 0,11 | 0,35 | 0,89 | 0,57 | 1,11 |
| 219900 | 0,11 | 0,11 | 0,35 | 0,89 | 0,59 | 1,11 |
| 220200 | 0,11 | 0,11 | 0,34 | 0,89 | 0,61 | 1,11 |
| 220500 | 0,11 | 0,11 | 0,34 | 0,88 | 0,61 | 1,11 |
| 220800 | 0,11 | 0,11 | 0,32 | 0,87 | 0,59 | 1,12 |
| 221100 | 0,11 | 0,11 | 0,33 | 0,83 | 0,59 | 1,13 |
| 221400 | 0,11 | 0,11 | 0,32 | 0,84 | 0,58 | 1,11 |
| 221700 | 0,1 | 0,1 | 0,32 | 0,86 | 0,58 | 1,1 |
| 222000 | 0,1 | 0,1 | 0,32 | 0,86 | 0,58 | 1,1 |
| 222300 | 0,1 | 0,1 | 0,31 | 0,87 | 0,57 | 1,1 |
| 222600 | 0,09 | 0,09 | 0,29 | 0,87 | 0,57 | 1,11 |
| 222900 | 0,09 | 0,09 | 0,29 | 0,86 | 0,57 | 1,1 |
| 223200 | 0,09 | 0,09 | 0,3 | 0,86 | 0,57 | 1,11 |
| 223500 | 0,08 | 0,08 | 0,29 | 0,86 | 0,57 | 1,1 |
| 223800 | 0,09 | 0,09 | 0,29 | 0,86 | 0,56 | 1,11 |
| 224100 | 0,09 | 0,09 | 0,29 | 0,82 | 0,56 | 1,11 |
| 224400 | 0,09 | 0,09 | 0,28 | 0,81 | 0,56 | 1,09 |
| 224700 | 0,07 | 0,07 | 0,3 | 0,82 | 0,56 | 1,09 |
| 225000 | 0,07 | 0,07 | 0,29 | 0,84 | 0,56 | 1,09 |
| 225300 | 0,07 | 0,07 | 0,29 | 0,84 | 0,55 | 1,09 |
| 225600 | 0,07 | 0,07 | 0,29 | 0,83 | 0,55 | 1,09 |
| 225900 | 0,07 | 0,07 | 0,28 | 0,79 | 0,55 | 1,09 |
| 226200 | 0,06 | 0,06 | 0,29 | 0,8 | 0,53 | 1,09 |
| 226500 | 0,06 | 0,06 | 0,29 | 0,81 | 0,54 | 1,08 |
| 226800 | 0,06 | 0,06 | 0,28 | 0,82 | 0,56 | 1,09 |
| 227100 | 0,05 | 0,05 | 0,28 | 0,8 | 0,57 | 1,1 |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 227400 | 0,05 | 0,05 | 0,28 | 0,77 | 0,58 | 1,09 |
| 227700 | 0,05 | 0,05 | 0,27 | 0,78 | 0,57 | 1,08 |
| 228000 | 0,05 | 0,05 | 0,27 | 0,8 | 0,58 | 1,08 |
| 228300 | 0,04 | 0,04 | 0,28 | 0,79 | 0,57 | 1,07 |
| 228600 | 0,04 | 0,04 | 0,27 | 0,76 | 0,57 | 1,06 |
| 228900 | 0,04 | 0,04 | 0,27 | 0,78 | 0,56 | 1,07 |
| 229200 | 0,04 | 0,04 | 0,25 | 0,78 | 0,55 | 1,07 |
| 229500 | 0,03 | 0,03 | 0,26 | 0,75 | 0,55 | 1,07 |
| 229800 | 0,03 | 0,03 | 0,25 | 0,75 | 0,55 | 1,08 |
| 230100 | 0,02 | 0,02 | 0,25 | 0,77 | 0,57 | 1,08 |
| 230400 | 0,03 | 0,03 | 0,25 | 0,76 | 0,58 | 1,07 |
| 230700 | 0,02 | 0,02 | 0,25 | 0,75 | 0,58 | 1,07 |
| 231000 | 0,02 | 0,02 | 0,24 | 0,76 | 0,57 | 1,07 |
| 231300 | 0,01 | 0,01 | 0,25 | 0,75 | 0,54 | 1,07 |
| 231600 | 0 | 0 | 0,24 | 0,73 | 0,55 | 1,07 |
| 231900 | 0,01 | 0,01 | 0,23 | 0,74 | 0,55 | 1,07 |
| 232200 | 0,01 | 0,01 | 0,24 | 0,74 | 0,57 | 1,07 |
| 232500 | 0 | 0 | 0,24 | 0,73 | 0,57 | 1,05 |
| 232800 | 0 | 0 | 0,24 | 0,75 | 0,56 | 1,05 |
| 233100 | 0 | 0 | 0,24 | 0,73 | 0,56 | 1,05 |
| 233400 | 0 | 0 | 0,23 | 0,73 | 0,52 | 1,05 |
| 233700 | 0 | 0 | 0,23 | 0,74 | 0,53 | 1,04 |
| 234000 | 0 | 0 | 0,23 | 0,72 | 0,55 | 1,05 |
| 234300 | 0 | 0 | 0,22 | 0,72 | 0,57 | 1,04 |
| 234600 | 0 | 0 | 0,23 | 0,73 | 0,58 | 1,04 |
| 234900 | 0 | 0 | 0,22 | 0,71 | 0,57 | 1,04 |
| 235200 | 0 | 0 | 0,21 | 0,72 | 0,55 | 1,05 |
| 235500 | 0 | 0 | 0,21 | 0,72 | 0,51 | 1,04 |
| 235800 | 0 | 0 | 0,22 | 0,7 | 0,52 | 1,04 |
| 236100 | 0 | 0 | 0,21 | 0,72 | 0,55 | 1,04 |
| 236400 | 0 | 0 | 0,23 | 0,7 | 0,57 | 1,04 |
| 236700 | 0 | 0 | 0,22 | 0,7 | 0,51 | 1,04 |
| 237000 | 0 | 0 | 0,21 | 0,72 | 0,52 | 1,03 |
| 237300 | 0 | 0 | 0,2 | 0,69 | 0,54 | 1,03 |
| 237600 | 0 | 0 | 0,19 | 0,69 | 0,55 | 1,03 |
| 237900 | 0 | 0 | 0,21 | 0,7 | 0,57 | 1,02 |
| 238200 | 0 | 0 | 0,2 | 0,69 | 0,55 | 1,03 |
| 238500 | 0 | 0 | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 1,02 |
| 238800 | 0 | 0 | 0,21 | 0,69 | 0,51 | 1,03 |
| 239100 | 0 | 0 | 0,2 | 0,69 | 0,52 | 1,03 |
| 239400 | 0 | 0 | 0,22 | 0,7 | 0,55 | 1,02 |
| 239700 | 0 | 0 | 0,21 | 0,69 | 0,5 | 1,02 |
| 240000 | 0 | 0 | 0,2 | 0,69 | 0,53 | 1,02 |

| | | | | | | |
|--------|---|---|------|------|------|------|
| 240300 | 0 | 0 | 0,2 | 0,69 | 0,53 | 1,02 |
| 240600 | 0 | 0 | 0,21 | 0,67 | 0,54 | 1,01 |
| 240900 | 0 | 0 | 0,21 | 0,69 | 0,5 | 1,01 |
| 241200 | 0 | 0 | 0,2 | 0,65 | 0,48 | 1,01 |
| 241500 | 0 | 0 | 0,2 | 0,67 | 0,52 | 1,01 |
| 241800 | 0 | 0 | 0,21 | 0,67 | 0,51 | 1,01 |
| 242100 | 0 | 0 | 0,19 | 0,67 | 0,55 | 1,01 |
| 242400 | 0 | 0 | 0,19 | 0,68 | 0,5 | 1 |
| 242700 | 0 | 0 | 0,18 | 0,66 | 0,5 | 1 |
| 243000 | 0 | 0 | 0,19 | 0,68 | 0,52 | 1,01 |
| 243300 | 0 | 0 | 0,18 | 0,67 | 0,53 | 1 |
| 243600 | 0 | 0 | 0,19 | 0,69 | 0,51 | 1 |
| 243900 | 0 | 0 | 0,19 | 0,68 | 0,47 | 0,99 |
| 244200 | 0 | 0 | 0,19 | 0,68 | 0,5 | 1 |
| 244500 | 0 | 0 | 0,18 | 0,69 | 0,48 | 0,99 |
| 244800 | 0 | 0 | 0,17 | 0,67 | 0,5 | 0,99 |
| 245100 | 0 | 0 | 0,18 | 0,68 | 0,49 | 0,99 |
| 245400 | 0 | 0 | 0,17 | 0,67 | 0,49 | 0,98 |
| 245700 | 0 | 0 | 0,16 | 0,67 | 0,5 | 0,98 |
| 246000 | 0 | 0 | 0,17 | 0,68 | 0,5 | 0,98 |
| 246300 | 0 | 0 | 0,16 | 0,67 | 0,53 | 0,98 |
| 246600 | 0 | 0 | 0,15 | 0,68 | 0,5 | 0,98 |
| 246900 | 0 | 0 | 0,16 | 0,67 | 0,49 | 0,97 |
| 247200 | 0 | 0 | 0,15 | 0,68 | 0,5 | 0,97 |
| 247500 | 0 | 0 | 0,15 | 0,67 | 0,52 | 0,97 |
| 247800 | 0 | 0 | 0,15 | 0,68 | 0,51 | 0,96 |
| 248100 | 0 | 0 | 0,15 | 0,68 | 0,45 | 0,94 |
| 248400 | 0 | 0 | 0,16 | 0,68 | 0,45 | 0,94 |
| 248700 | 0 | 0 | 0,14 | 0,67 | 0,46 | 0,94 |
| 249000 | 0 | 0 | 0,14 | 0,67 | 0,5 | 0,93 |
| 249300 | 0 | 0 | 0,14 | 0,67 | 0,52 | 0,94 |
| 249600 | 0 | 0 | 0,15 | 0,66 | 0,47 | 0,93 |
| 249900 | 0 | 0 | 0,14 | 0,67 | 0,48 | 0,92 |
| 250200 | 0 | 0 | 0,14 | 0,67 | 0,51 | 0,92 |
| 250500 | 0 | 0 | 0,14 | 0,68 | 0,53 | 0,93 |
| 250800 | 0 | 0 | 0,15 | 0,68 | 0,55 | 0,91 |
| 251100 | 0 | 0 | 0,14 | 0,7 | 0,54 | 0,91 |
| 251400 | 0 | 0 | 0,15 | 0,68 | 0,48 | 0,91 |
| 251700 | 0 | 0 | 0,15 | 0,69 | 0,48 | 0,92 |
| 252000 | 0 | 0 | 0,14 | 0,69 | 0,5 | 0,9 |
| 252300 | 0 | 0 | 0,13 | 0,69 | 0,51 | 0,9 |
| 252600 | 0 | 0 | 0,13 | 0,69 | 0,53 | 0,91 |
| 252900 | 0 | 0 | 0,16 | 0,67 | 0,52 | 0,9 |

| | | | | | | |
|--------|---|---|------|------|------|------|
| 253200 | 0 | 0 | 0,17 | 0,69 | 0,46 | 0,9 |
| 253500 | 0 | 0 | 0,15 | 0,67 | 0,48 | 0,91 |
| 253800 | 0 | 0 | 0,15 | 0,69 | 0,5 | 0,89 |
| 254100 | 0 | 0 | 0,14 | 0,67 | 0,52 | 0,9 |
| 254400 | 0 | 0 | 0,16 | 0,68 | 0,53 | 0,9 |
| 254700 | 0 | 0 | 0,17 | 0,66 | 0,48 | 0,89 |
| 255000 | 0 | 0 | 0,15 | 0,68 | 0,49 | 0,9 |
| 255300 | 0 | 0 | 0,15 | 0,67 | 0,51 | 0,9 |
| 255600 | 0 | 0 | 0,14 | 0,67 | 0,52 | 0,88 |
| 255900 | 0 | 0 | 0,14 | 0,67 | 0,53 | 0,89 |
| 256200 | 0 | 0 | 0,17 | 0,67 | 0,53 | 0,9 |
| 256500 | 0 | 0 | 0,17 | 0,66 | 0,52 | 0,9 |
| 256800 | 0 | 0 | 0,16 | 0,66 | 0,5 | 0,88 |
| 257100 | 0 | 0 | 0,17 | 0,66 | 0,48 | 0,88 |
| 257400 | 0 | 0 | 0,17 | 0,66 | 0,48 | 0,88 |
| 257700 | 0 | 0 | 0,16 | 0,66 | 0,5 | 0,88 |
| 258000 | 0 | 0 | 0,19 | 0,67 | 0,52 | 0,9 |
| 258300 | 0 | 0 | 0,21 | 0,68 | 0,52 | 0,89 |
| 258600 | 0 | 0 | 0,23 | 0,66 | 0,52 | 0,9 |
| 258900 | 0 | 0 | 0,22 | 0,67 | 0,48 | 0,89 |
| 259200 | 0 | 0 | 0,19 | 0,67 | 0,48 | 0,89 |

APÊNDICE B - Valores da Derivada de Primeira Ordem dos Perfis Térmicos

A derivada de primeira ordem do perfil térmico de cada pasta representativa foi calculada com o auxílio do software *Origin Pro 8*. Os valores por intervalo de tempo são apresentados na seguinte tabela.

| Tempo (s) | Derivada de primeira ordem do ΔT das amostras representativas | | | | | |
|--------------|---|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| | CPV- REF_02 | CPV- NTC01_09 | CPV- NTC03_10 | CPIII- REF_07 | CPIII- NTC01_09 | CPIII- NTC03_03 |
| 0 | 223,2 | 319,2 | 732,0 | 225,6 | 52,8 | 117,6 |
| 300 | 9,6 | 9,6 | 8,4 | 6,0 | 3,6 | 4,8 |
| 600 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 0,0 | 1,2 |
| 900 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 2,4 | 1,2 | 1,2 |
| 1200 | 1,2 | -1,2 | 0,0 | 1,2 | 1,2 | 0,0 |
| 1500 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | 1,2 | -1,2 |
| 1800 | 0,0 | 1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2100 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | 1,2 | 1,2 |
| 2400 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | -1,2 | 0,0 |
| 2700 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | 1,2 | 0,0 | 1,2 |
| 3000 | -1,2 | 1,2 | 0,0 | 1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 3300 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 3600 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3900 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 4200 | 1,2 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 4500 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 4800 | 0,0 | 1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 5100 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 5400 | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,0 |
| 5700 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 1,2 |
| 6000 | 0,0 | 2,4 | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,0 |
| 6300 | 1,2 | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 1,2 |
| 6600 | 1,2 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 6900 | 0,0 | 2,4 | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,0 |
| 7200 | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 1,2 | 0,0 | 1,2 |
| 7500 | 1,2 | 2,4 | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,0 |
| 7800 | 1,2 | 2,4 | 1,2 | 1,2 | -1,2 | 0,0 |
| 8100 | 1,2 | 2,4 | 3,6 | 0,0 | 2,4 | 1,2 |
| 8400 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 1,2 | 1,2 | 0,0 |
| 8700 | 1,2 | 2,4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| 9000 | 3,6 | 2,4 | 2,4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 9300 | 2,4 | 3,6 | 2,4 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 9600 | 3,6 | 2,4 | 3,6 | 2,4 | 2,4 | 0,0 |
| 9900 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 0,0 | 2,4 | 1,2 |
| 10200 | 4,8 | 3,6 | 3,6 | 1,2 | 1,2 | 0,0 |
| 10500 | 3,6 | 6,0 | 4,8 | 1,2 | 2,4 | 2,4 |
| 10800 | 3,6 | 6,0 | 4,8 | 0,0 | 1,2 | 2,4 |
| 11100 | 3,6 | 6,0 | 6,0 | 2,4 | 1,2 | 2,4 |
| 11400 | 4,8 | 7,2 | 4,8 | 2,4 | 2,4 | 1,2 |
| 11700 | 6,0 | 8,4 | 4,8 | 1,2 | 2,4 | 1,2 |
| 12000 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 1,2 | 0,0 | 1,2 |
| 12300 | 7,2 | 6,0 | 7,2 | 2,4 | 2,4 | 1,2 |
| 12600 | 7,2 | 8,4 | 7,2 | 1,2 | 2,4 | 3,6 |
| 12900 | 7,2 | 8,4 | 7,2 | 3,6 | 1,2 | 2,4 |
| 13200 | 7,2 | 9,6 | 8,4 | 2,4 | 3,6 | 3,6 |
| 13500 | 9,6 | 10,8 | 9,6 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| 13800 | 9,6 | 9,6 | 9,6 | 2,4 | 2,4 | 3,6 |
| 14100 | 9,6 | 13,2 | 10,8 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| 14400 | 10,8 | 13,2 | 10,8 | 3,6 | 3,6 | 2,4 |
| 14700 | 10,8 | 15,6 | 12,0 | 3,6 | 2,4 | 2,4 |
| 15000 | 12,0 | 19,2 | 13,2 | 2,4 | 3,6 | 2,4 |
| 15300 | 13,2 | 20,4 | 16,8 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| 15600 | 14,4 | 22,8 | 16,8 | 4,8 | 3,6 | 2,4 |
| 15900 | 16,8 | 22,8 | 20,4 | 4,8 | 2,4 | 2,4 |
| 16200 | 18,0 | 25,2 | 20,4 | 3,6 | 3,6 | 2,4 |
| 16500 | 20,4 | 28,8 | 25,2 | 4,8 | 2,4 | 3,6 |
| 16800 | 22,8 | 31,2 | 25,2 | 2,4 | 2,4 | 3,6 |
| 17100 | 25,2 | 28,8 | 27,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| 17400 | 26,4 | 25,2 | 28,8 | 3,6 | 4,8 | 3,6 |
| 17700 | 28,8 | 21,6 | 28,8 | 4,8 | 3,6 | 2,4 |
| 18000 | 30,0 | 24,0 | 26,4 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| 18300 | 27,6 | 22,8 | 21,6 | 3,6 | 4,8 | 3,6 |
| 18600 | 25,2 | 21,6 | 20,4 | 4,8 | 3,6 | 3,6 |
| 18900 | 21,6 | 18,0 | 22,8 | 4,8 | 6,0 | 3,6 |
| 19200 | 21,6 | 14,4 | 20,4 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| 19500 | 20,4 | 12,0 | 19,2 | 4,8 | 4,8 | 3,6 |
| 19800 | 19,2 | 9,6 | 14,4 | 4,8 | 3,6 | 6,0 |
| 20100 | 14,4 | 9,6 | 13,2 | 4,8 | 4,8 | 4,8 |
| 20400 | 13,2 | 9,6 | 10,8 | 4,8 | 3,6 | 4,8 |
| 20700 | 9,6 | 7,2 | 10,8 | 4,8 | 4,8 | 4,8 |
| 21000 | 8,4 | 7,2 | 7,2 | 3,6 | 4,8 | 6,0 |
| 21300 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 4,8 | 4,8 | 4,8 |
| 21600 | 6,0 | 4,8 | 7,2 | 4,8 | 3,6 | 4,8 |
| 21900 | 4,8 | 4,8 | 6,0 | 4,8 | 4,8 | 4,8 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 22200 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 4,8 |
| 22500 | 3,6 | 3,6 | 2,4 | 3,6 | 6,0 | 4,8 |
| 22800 | 3,6 | 2,4 | 4,8 | 4,8 | 3,6 | 4,8 |
| 23100 | 2,4 | 2,4 | 3,6 | 6,0 | 4,8 | 6,0 |
| 23400 | 1,2 | -1,2 | 2,4 | 4,8 | 4,8 | 6,0 |
| 23700 | 1,2 | -1,2 | 3,6 | 4,8 | 6,0 | 6,0 |
| 24000 | 1,2 | -1,2 | -1,2 | 6,0 | 4,8 | 6,0 |
| 24300 | 0,0 | -2,4 | -1,2 | 3,6 | 7,2 | 6,0 |
| 24600 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | 6,0 | 6,0 | 7,2 |
| 24900 | -1,2 | -4,8 | -2,4 | 4,8 | 6,0 | 6,0 |
| 25200 | -1,2 | -4,8 | -2,4 | 7,2 | 7,2 | 7,2 |
| 25500 | -3,6 | -4,8 | -2,4 | 6,0 | 6,0 | 8,4 |
| 25800 | -3,6 | -6,0 | -3,6 | 7,2 | 7,2 | 7,2 |
| 26100 | -3,6 | -6,0 | -4,8 | 8,4 | 8,4 | 8,4 |
| 26400 | -3,6 | -4,8 | -4,8 | 7,2 | 8,4 | 8,4 |
| 26700 | -6,0 | -7,2 | -6,0 | 7,2 | 8,4 | 9,6 |
| 27000 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | 9,6 | 8,4 | 10,8 |
| 27300 | -4,8 | -6,0 | -7,2 | 9,6 | 8,4 | 9,6 |
| 27600 | -7,2 | -7,2 | -7,2 | 8,4 | 9,6 | 9,6 |
| 27900 | -6,0 | -6,0 | -8,4 | 8,4 | 9,6 | 9,6 |
| 28200 | -7,2 | -8,4 | -7,2 | 7,2 | 9,6 | 8,4 |
| 28500 | -6,0 | -7,2 | -8,4 | 8,4 | 8,4 | 8,4 |
| 28800 | -7,2 | -6,0 | -7,2 | 7,2 | 8,4 | 6,0 |
| 29100 | -6,0 | -8,4 | -8,4 | 8,4 | 8,4 | 7,2 |
| 29400 | -7,2 | -8,4 | -7,2 | 6,0 | 7,2 | 6,0 |
| 29700 | -6,0 | -8,4 | -7,2 | 4,8 | 7,2 | 4,8 |
| 30000 | -7,2 | -6,0 | -7,2 | 4,8 | 4,8 | 4,8 |
| 30300 | -6,0 | -7,2 | -7,2 | 3,6 | 4,8 | 4,8 |
| 30600 | -7,2 | -7,2 | -8,4 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| 30900 | -7,2 | -7,2 | -8,4 | 2,4 | 3,6 | 3,6 |
| 31200 | -7,2 | -8,4 | -7,2 | 1,2 | 3,6 | 4,8 |
| 31500 | -6,0 | -7,2 | -7,2 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| 31800 | -8,4 | -8,4 | -7,2 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| 32100 | -8,4 | -6,0 | -9,6 | 1,2 | 1,2 | 2,4 |
| 32400 | -7,2 | -6,0 | -6,0 | 0,0 | 2,4 | 2,4 |
| 32700 | -8,4 | -8,4 | -7,2 | 2,4 | 1,2 | 1,2 |
| 33000 | -7,2 | -4,8 | -7,2 | 0,0 | 1,2 | 1,2 |
| 33300 | -6,0 | -7,2 | -7,2 | 0,0 | 1,2 | 0,0 |
| 33600 | -8,4 | -6,0 | -6,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 33900 | -6,0 | -8,4 | -7,2 | 0,0 | 0,0 | 1,2 |
| 34200 | -6,0 | -7,2 | -7,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 34500 | -7,2 | -7,2 | -7,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 |
| 34800 | -7,2 | -6,0 | -7,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 35100 | -7,2 | -7,2 | -7,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 35400 | -7,2 | -7,2 | -7,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 |
| 35700 | -7,2 | -6,0 | -6,0 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 36000 | -6,0 | -7,2 | -7,2 | -2,4 | -1,2 | -1,2 |
| 36300 | -6,0 | -7,2 | -6,0 | -1,2 | -1,2 | -2,4 |
| 36600 | -7,2 | -7,2 | -6,0 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 36900 | -6,0 | -6,0 | -7,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 37200 | -6,0 | -7,2 | -7,2 | -1,2 | -2,4 | -3,6 |
| 37500 | -7,2 | -7,2 | -6,0 | -4,8 | -2,4 | -2,4 |
| 37800 | -6,0 | -7,2 | -6,0 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 38100 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -3,6 | -1,2 | -3,6 |
| 38400 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -3,6 | -2,4 | -3,6 |
| 38700 | -6,0 | -6,0 | -4,8 | -2,4 | -3,6 | -2,4 |
| 39000 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -2,4 | -2,4 | -3,6 |
| 39300 | -6,0 | -4,8 | -6,0 | -2,4 | -2,4 | -3,6 |
| 39600 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -4,8 | -3,6 | -3,6 |
| 39900 | -6,0 | -6,0 | -7,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 40200 | -6,0 | -6,0 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 40500 | -4,8 | -6,0 | -4,8 | -2,4 | -3,6 | -2,4 |
| 40800 | -6,0 | -7,2 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -4,8 |
| 41100 | -6,0 | -4,8 | -4,8 | -2,4 | -2,4 | -3,6 |
| 41400 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -3,6 | -4,8 | -2,4 |
| 41700 | -6,0 | -4,8 | -6,0 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 42000 | -4,8 | -4,8 | -6,0 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 42300 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 42600 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -4,8 | -3,6 | -3,6 |
| 42900 | -4,8 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -4,8 |
| 43200 | -6,0 | -4,8 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -3,6 |
| 43500 | -6,0 | -4,8 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -4,8 |
| 43800 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 44100 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 44400 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -3,6 |
| 44700 | -3,6 | -4,8 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 45000 | -3,6 | -4,8 | -4,8 | -3,6 | -4,8 | -3,6 |
| 45300 | -4,8 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -2,4 |
| 45600 | -4,8 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -4,8 |
| 45900 | -3,6 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 46200 | -3,6 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 46500 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -3,6 | -3,6 |
| 46800 | -4,8 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -2,4 | -3,6 |
| 47100 | -4,8 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -2,4 | -3,6 |
| 47400 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -2,4 |
| 47700 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 48000 | -3,6 | -4,8 | -4,8 | -3,6 | -2,4 | -2,4 |
| 48300 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -4,8 |
| 48600 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -3,6 | -3,6 |
| 48900 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -3,6 | -3,6 |
| 49200 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 49500 | -3,6 | -2,4 | -4,8 | -2,4 | -2,4 | -3,6 |
| 49800 | -3,6 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -3,6 | -2,4 |
| 50100 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -3,6 | -2,4 |
| 50400 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -3,6 |
| 50700 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 51000 | -3,6 | -1,2 | -3,6 | -2,4 | -3,6 | -2,4 |
| 51300 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -3,6 | -2,4 | -3,6 |
| 51600 | -3,6 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 51900 | -3,6 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -3,6 | -2,4 |
| 52200 | -3,6 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 52500 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -3,6 |
| 52800 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -3,6 | -3,6 |
| 53100 | -3,6 | -2,4 | -2,4 | -3,6 | -3,6 | -3,6 |
| 53400 | -3,6 | -3,6 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -2,4 |
| 53700 | -3,6 | -3,6 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -2,4 |
| 54000 | -2,4 | -3,6 | -4,8 | -3,6 | -2,4 | -3,6 |
| 54300 | -3,6 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 54600 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -3,6 | -2,4 | -2,4 |
| 54900 | -2,4 | -3,6 | -2,4 | -2,4 | -3,6 | -3,6 |
| 55200 | -3,6 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 55500 | -3,6 | -3,6 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 55800 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 |
| 56100 | -3,6 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -2,4 |
| 56400 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 56700 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -3,6 |
| 57000 | -1,2 | -3,6 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -3,6 |
| 57300 | -3,6 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -3,6 |
| 57600 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 57900 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -2,4 |
| 58200 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -3,6 | -1,2 |
| 58500 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -3,6 |
| 58800 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 59100 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 59400 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -3,6 |
| 59700 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -3,6 | -1,2 | -2,4 |
| 60000 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 60300 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -2,4 |
| 60600 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 60900 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 61200 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -2,4 |
| 61500 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 |
| 61800 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -2,4 |
| 62100 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 62400 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 |
| 62700 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 |
| 63000 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -3,6 | -1,2 |
| 63300 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -2,4 |
| 63600 | -2,4 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -2,4 |
| 63900 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -1,2 |
| 64200 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -3,6 | -2,4 | -1,2 |
| 64500 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | 0,0 |
| 64800 | -2,4 | 0,0 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -1,2 |
| 65100 | -2,4 | -1,2 | -3,6 | -2,4 | -2,4 | -1,2 |
| 65400 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -2,4 |
| 65700 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 66000 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | -1,2 |
| 66300 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -2,4 |
| 66600 | 0,0 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 66900 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 67200 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -2,4 | -2,4 | -1,2 |
| 67500 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -2,4 | 0,0 | -1,2 |
| 67800 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 68100 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -1,2 |
| 68400 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 68700 | 0,0 | -2,4 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -2,4 |
| 69000 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | 0,0 | -1,2 | 0,0 |
| 69300 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -1,2 |
| 69600 | 0,0 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | 0,0 | -2,4 |
| 69900 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -2,4 | -1,2 | 0,0 |
| 70200 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -1,2 |
| 70500 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 | -3,6 | -1,2 |
| 70800 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -2,4 |
| 71100 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 71400 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 71700 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 |
| 72000 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 72300 | -2,4 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 |
| 72600 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 72900 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 73200 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 73500 | 0,0 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 73800 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -2,4 |
| 74100 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 |
| 74400 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 74700 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 75000 | 1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 75300 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | 0,0 | -1,2 |
| 75600 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 75900 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 76200 | 0,0 | -2,4 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 76500 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 76800 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | 0,0 |
| 77100 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -2,4 | -1,2 |
| 77400 | -2,4 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 77700 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 |
| 78000 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 78300 | -1,2 | -2,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 |
| 78600 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 78900 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 79200 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 |
| 79500 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 79800 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 80100 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | 0,0 |
| 80400 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 |
| 80700 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,2 |
| 81000 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 |
| 81300 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 81600 | -1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | 0,0 |
| 81900 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -2,4 | -1,2 |
| 82200 | 0,0 | 0,0 | -2,4 | 0,0 | -2,4 | -2,4 |
| 82500 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 82800 | 0,0 | -1,2 | 1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 83100 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 83400 | -1,2 | 1,2 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 83700 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 |
| 84000 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 84300 | 1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 84600 | -1,2 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 84900 | 0,0 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 |
| 85200 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -2,4 | 0,0 | 0,0 |
| 85500 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 |
| 85800 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | -1,2 |
| 86100 | -1,2 | -1,2 | 0,0 | 0,0 | -1,2 | 0,0 |
| 86400 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -2,4 | -2,4 |

APÊNDICE C - Valores do Calor Acumulado das Pastas Representativas

Os valores de ΔT das amostras representativas foram multiplicados pela sua respectiva massa térmica. Na sequência, com o auxílio do software *Origin Pro 8*, os valores foram integrados em relação ao tempo e podem ser vistos na seguinte tabela.

| Tempo (h) | CALOR (CPV-REF_09) | CALOR (CPV-NTC01_02) | CALOR (CPV-NTC03_05) | CALOR (CPIII-REF_07) | CALOR (CPIII-NTC01_06) | CALOR (CPIII-NTC03_03) |
|-----------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,08 | 0,99 | 0,95 | 0,85 | 0,66 | 0,54 | 0,65 |
| 0,17 | 2,07 | 2,09 | 1,88 | 1,44 | 1,20 | 1,41 |
| 0,25 | 3,23 | 3,27 | 2,95 | 2,25 | 1,89 | 2,20 |
| 0,33 | 4,41 | 4,45 | 4,03 | 3,07 | 2,59 | 3,00 |
| 0,42 | 5,57 | 5,64 | 5,13 | 3,90 | 3,29 | 3,81 |
| 0,50 | 6,76 | 6,82 | 6,23 | 4,75 | 4,00 | 4,63 |
| 0,58 | 7,97 | 8,02 | 7,34 | 5,60 | 4,71 | 5,45 |
| 0,67 | 9,14 | 9,20 | 8,45 | 6,45 | 5,43 | 6,27 |
| 0,75 | 10,34 | 10,39 | 9,56 | 7,30 | 6,14 | 7,10 |
| 0,83 | 11,54 | 11,57 | 10,67 | 8,16 | 6,86 | 7,93 |
| 0,92 | 12,72 | 12,75 | 11,79 | 9,02 | 7,58 | 8,76 |
| 1,00 | 13,92 | 13,93 | 12,90 | 9,87 | 8,29 | 9,59 |
| 1,08 | 15,09 | 15,10 | 14,02 | 10,73 | 9,01 | 10,43 |
| 1,17 | 16,28 | 16,27 | 15,14 | 11,58 | 9,73 | 11,26 |
| 1,25 | 17,47 | 17,46 | 16,27 | 12,44 | 10,45 | 12,09 |
| 1,33 | 18,65 | 18,64 | 17,40 | 13,28 | 11,16 | 12,93 |
| 1,42 | 19,87 | 19,84 | 18,55 | 14,13 | 11,88 | 13,76 |
| 1,50 | 21,08 | 21,05 | 19,71 | 14,99 | 12,60 | 14,59 |
| 1,58 | 22,28 | 22,27 | 20,89 | 15,84 | 13,32 | 15,43 |
| 1,67 | 23,52 | 23,50 | 22,08 | 16,70 | 14,05 | 16,28 |
| 1,75 | 24,76 | 24,74 | 23,30 | 17,56 | 14,78 | 17,12 |
| 1,83 | 26,00 | 26,00 | 24,53 | 18,43 | 15,52 | 17,97 |
| 1,92 | 27,30 | 27,27 | 25,79 | 19,30 | 16,27 | 18,83 |
| 2,00 | 28,59 | 28,57 | 27,07 | 20,17 | 17,02 | 19,70 |
| 2,08 | 29,90 | 29,89 | 28,39 | 21,06 | 17,78 | 20,57 |
| 2,17 | 31,26 | 31,23 | 29,73 | 21,96 | 18,56 | 21,45 |
| 2,25 | 32,64 | 32,61 | 31,11 | 22,86 | 19,34 | 22,35 |
| 2,33 | 34,03 | 34,01 | 32,53 | 23,77 | 20,14 | 23,25 |

| | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 2,42 | 35,49 | 35,45 | 33,99 | 24,70 | 20,95 | 24,16 |
| 2,50 | 36,97 | 36,93 | 35,49 | 25,64 | 21,77 | 25,08 |
| 2,58 | 38,47 | 38,45 | 37,04 | 26,60 | 22,60 | 26,02 |
| 2,67 | 40,06 | 40,03 | 38,65 | 27,56 | 23,45 | 26,98 |
| 2,75 | 41,68 | 41,65 | 40,31 | 28,55 | 24,32 | 27,95 |
| 2,83 | 43,34 | 43,32 | 42,02 | 29,55 | 25,22 | 28,93 |
| 2,92 | 45,08 | 45,06 | 43,81 | 30,58 | 26,13 | 29,94 |
| 3,00 | 46,88 | 46,87 | 45,66 | 31,62 | 27,06 | 30,97 |
| 3,08 | 48,72 | 48,75 | 47,59 | 32,69 | 28,02 | 32,02 |
| 3,17 | 50,67 | 50,70 | 49,59 | 33,78 | 29,00 | 33,09 |
| 3,25 | 52,70 | 52,73 | 51,69 | 34,90 | 30,01 | 34,19 |
| 3,33 | 54,77 | 54,86 | 53,88 | 36,05 | 31,05 | 35,31 |
| 3,42 | 56,96 | 57,09 | 56,16 | 37,22 | 32,11 | 36,47 |
| 3,50 | 59,26 | 59,42 | 58,55 | 38,42 | 33,21 | 37,65 |
| 3,58 | 61,64 | 61,86 | 61,06 | 39,66 | 34,35 | 38,86 |
| 3,67 | 64,11 | 64,43 | 63,69 | 40,94 | 35,52 | 40,11 |
| 3,75 | 66,73 | 67,13 | 66,45 | 42,25 | 36,73 | 41,40 |
| 3,83 | 69,45 | 69,97 | 69,36 | 43,59 | 37,97 | 42,72 |
| 3,92 | 72,29 | 72,96 | 72,42 | 44,98 | 39,26 | 44,08 |
| 4,00 | 75,31 | 76,11 | 75,63 | 46,41 | 40,60 | 45,49 |
| 4,08 | 78,48 | 79,43 | 79,02 | 47,89 | 41,98 | 46,93 |
| 4,17 | 81,78 | 82,95 | 82,60 | 49,41 | 43,40 | 48,42 |
| 4,25 | 85,28 | 86,65 | 86,37 | 50,97 | 44,87 | 49,96 |
| 4,33 | 88,97 | 90,60 | 90,36 | 52,59 | 46,40 | 51,54 |
| 4,42 | 92,85 | 94,81 | 94,62 | 54,25 | 47,97 | 53,17 |
| 4,50 | 96,94 | 99,34 | 99,17 | 55,98 | 49,61 | 54,86 |
| 4,58 | 101,31 | 104,22 | 104,06 | 57,76 | 51,29 | 56,60 |
| 4,67 | 105,98 | 109,47 | 109,31 | 59,59 | 53,04 | 58,39 |
| 4,75 | 110,95 | 115,14 | 114,98 | 61,48 | 54,85 | 60,24 |
| 4,83 | 116,30 | 121,30 | 121,10 | 63,43 | 56,72 | 62,15 |
| 4,92 | 122,07 | 127,97 | 127,72 | 65,45 | 58,65 | 64,12 |
| 5,00 | 128,31 | 135,17 | 134,88 | 67,54 | 60,65 | 66,15 |
| 5,08 | 135,01 | 142,88 | 142,55 | 69,68 | 62,72 | 68,25 |
| 5,17 | 142,26 | 151,02 | 150,70 | 71,90 | 64,86 | 70,42 |
| 5,25 | 150,04 | 159,55 | 159,25 | 74,18 | 67,07 | 72,65 |
| 5,33 | 158,28 | 168,48 | 168,19 | 76,54 | 69,36 | 74,95 |
| 5,42 | 166,88 | 177,80 | 177,55 | 78,97 | 71,71 | 77,33 |
| 5,50 | 175,91 | 187,46 | 187,29 | 81,47 | 74,15 | 79,77 |
| 5,58 | 185,35 | 197,40 | 197,35 | 84,04 | 76,66 | 82,29 |
| 5,67 | 195,15 | 207,58 | 207,69 | 86,69 | 79,24 | 84,89 |
| 5,75 | 205,23 | 217,96 | 218,26 | 89,41 | 81,91 | 87,56 |
| 5,83 | 215,60 | 228,51 | 229,04 | 92,21 | 84,65 | 90,31 |
| 5,92 | 226,20 | 239,21 | 239,98 | 95,09 | 87,48 | 93,14 |

| | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 6,00 | 236,98 | 250,05 | 251,09 | 98,05 | 90,38 | 96,05 |
| 6,08 | 247,88 | 261,02 | 262,32 | 101,08 | 93,37 | 99,04 |
| 6,17 | 258,96 | 272,08 | 273,68 | 104,19 | 96,45 | 102,12 |
| 6,25 | 270,17 | 283,24 | 285,14 | 107,37 | 99,60 | 105,27 |
| 6,33 | 281,50 | 294,49 | 296,70 | 110,64 | 102,84 | 108,50 |
| 6,42 | 292,87 | 305,82 | 308,34 | 113,99 | 106,16 | 111,82 |
| 6,50 | 304,36 | 317,22 | 320,06 | 117,41 | 109,56 | 115,23 |
| 6,58 | 315,95 | 328,69 | 331,84 | 120,92 | 113,06 | 118,72 |
| 6,67 | 327,61 | 340,20 | 343,67 | 124,51 | 116,65 | 122,32 |
| 6,75 | 339,29 | 351,73 | 355,51 | 128,19 | 120,33 | 126,01 |
| 6,83 | 351,00 | 363,26 | 367,36 | 131,98 | 124,13 | 129,80 |
| 6,92 | 362,76 | 374,80 | 379,19 | 135,86 | 128,04 | 133,72 |
| 7,00 | 374,52 | 386,30 | 390,98 | 139,86 | 132,06 | 137,74 |
| 7,08 | 386,27 | 397,78 | 402,72 | 143,98 | 136,20 | 141,90 |
| 7,17 | 397,94 | 409,19 | 414,40 | 148,20 | 140,47 | 146,17 |
| 7,25 | 409,58 | 420,55 | 426,00 | 152,55 | 144,87 | 150,58 |
| 7,33 | 421,17 | 431,82 | 437,51 | 157,02 | 149,41 | 155,14 |
| 7,42 | 432,68 | 443,01 | 448,93 | 161,64 | 154,10 | 159,84 |
| 7,50 | 444,10 | 454,10 | 460,23 | 166,40 | 158,94 | 164,70 |
| 7,58 | 455,38 | 465,10 | 471,42 | 171,31 | 163,94 | 169,73 |
| 7,67 | 466,59 | 475,99 | 482,50 | 176,37 | 169,12 | 174,92 |
| 7,75 | 477,70 | 486,77 | 493,45 | 181,60 | 174,46 | 180,28 |
| 7,83 | 488,70 | 497,43 | 504,28 | 186,98 | 179,98 | 185,81 |
| 7,92 | 499,55 | 507,98 | 514,98 | 192,51 | 185,66 | 191,49 |
| 8,00 | 510,24 | 518,40 | 525,54 | 198,20 | 191,49 | 197,32 |
| 8,08 | 520,83 | 528,69 | 535,97 | 204,02 | 197,47 | 203,28 |
| 8,17 | 531,30 | 538,86 | 546,26 | 209,96 | 203,57 | 209,36 |
| 8,25 | 541,65 | 548,89 | 556,41 | 216,01 | 209,78 | 215,54 |
| 8,33 | 551,87 | 558,80 | 566,43 | 222,16 | 216,09 | 221,81 |
| 8,42 | 561,89 | 568,58 | 576,31 | 228,38 | 222,48 | 228,16 |
| 8,50 | 571,80 | 578,23 | 586,05 | 234,66 | 228,94 | 234,58 |
| 8,58 | 581,58 | 587,75 | 595,65 | 241,01 | 235,47 | 241,07 |
| 8,67 | 591,22 | 597,14 | 605,12 | 247,41 | 242,06 | 247,62 |
| 8,75 | 600,73 | 606,38 | 614,45 | 253,86 | 248,70 | 254,23 |
| 8,83 | 610,09 | 615,50 | 623,64 | 260,35 | 255,40 | 260,89 |
| 8,92 | 619,28 | 624,49 | 632,68 | 266,88 | 262,14 | 267,60 |
| 9,00 | 628,35 | 633,35 | 641,60 | 273,44 | 268,92 | 274,34 |
| 9,08 | 637,31 | 642,09 | 650,37 | 280,02 | 275,73 | 281,11 |
| 9,17 | 646,13 | 650,70 | 659,02 | 286,62 | 282,56 | 287,90 |
| 9,25 | 654,82 | 659,18 | 667,53 | 293,23 | 289,41 | 294,71 |
| 9,33 | 663,37 | 667,53 | 675,91 | 299,84 | 296,28 | 301,53 |
| 9,42 | 671,73 | 675,76 | 684,15 | 306,45 | 303,14 | 308,35 |
| 9,50 | 679,98 | 683,86 | 692,27 | 313,05 | 310,01 | 315,17 |

| | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 9,58 | 688,11 | 691,83 | 700,25 | 319,65 | 316,86 | 321,99 |
| 9,67 | 696,12 | 699,68 | 708,11 | 326,22 | 323,70 | 328,80 |
| 9,75 | 704,02 | 707,42 | 715,85 | 332,78 | 330,52 | 335,58 |
| 9,83 | 711,78 | 715,04 | 723,46 | 339,32 | 337,32 | 342,35 |
| 9,92 | 719,39 | 722,53 | 730,94 | 345,82 | 344,09 | 349,09 |
| 10,00 | 726,86 | 729,92 | 738,31 | 352,29 | 350,83 | 355,80 |
| 10,08 | 734,24 | 737,19 | 745,56 | 358,73 | 357,53 | 362,48 |
| 10,17 | 741,50 | 744,34 | 752,69 | 365,13 | 364,20 | 369,13 |
| 10,25 | 748,65 | 751,37 | 759,69 | 371,49 | 370,83 | 375,74 |
| 10,33 | 755,69 | 758,29 | 766,59 | 377,81 | 377,41 | 382,31 |
| 10,42 | 762,61 | 765,10 | 773,37 | 384,07 | 383,95 | 388,84 |
| 10,50 | 769,39 | 771,80 | 780,04 | 390,29 | 390,44 | 395,32 |
| 10,58 | 776,03 | 778,40 | 786,60 | 396,45 | 396,88 | 401,77 |
| 10,67 | 782,58 | 784,89 | 793,05 | 402,57 | 403,28 | 408,16 |
| 10,75 | 789,04 | 791,28 | 799,40 | 408,63 | 409,62 | 414,51 |
| 10,83 | 795,39 | 797,57 | 805,63 | 414,65 | 415,90 | 420,80 |
| 10,92 | 801,63 | 803,75 | 811,76 | 420,60 | 422,14 | 427,04 |
| 11,00 | 807,77 | 809,84 | 817,80 | 426,51 | 428,31 | 433,23 |
| 11,08 | 813,80 | 815,82 | 823,73 | 432,35 | 434,43 | 439,36 |
| 11,17 | 819,70 | 821,69 | 829,56 | 438,14 | 440,49 | 445,44 |
| 11,25 | 825,49 | 827,48 | 835,30 | 443,87 | 446,49 | 451,46 |
| 11,33 | 831,21 | 833,17 | 840,93 | 449,54 | 452,43 | 457,43 |
| 11,42 | 836,83 | 838,77 | 846,47 | 455,16 | 458,31 | 463,34 |
| 11,50 | 842,37 | 844,28 | 851,92 | 460,71 | 464,13 | 469,19 |
| 11,58 | 847,81 | 849,70 | 857,28 | 466,21 | 469,90 | 474,99 |
| 11,67 | 853,17 | 855,03 | 862,54 | 471,64 | 475,60 | 480,72 |
| 11,75 | 858,43 | 860,28 | 867,71 | 477,02 | 481,24 | 486,40 |
| 11,83 | 863,60 | 865,44 | 872,80 | 482,33 | 486,81 | 492,02 |
| 11,92 | 868,63 | 870,51 | 877,80 | 487,58 | 492,33 | 497,58 |
| 12,00 | 873,59 | 875,49 | 882,72 | 492,78 | 497,78 | 503,08 |
| 12,08 | 878,49 | 880,39 | 887,56 | 497,91 | 503,17 | 508,51 |
| 12,17 | 883,30 | 885,21 | 892,32 | 502,98 | 508,50 | 513,89 |
| 12,25 | 888,04 | 889,95 | 896,99 | 507,99 | 513,77 | 519,21 |
| 12,33 | 892,70 | 894,61 | 901,58 | 512,94 | 518,97 | 524,47 |
| 12,42 | 897,28 | 899,20 | 906,09 | 517,84 | 524,11 | 529,67 |
| 12,50 | 901,78 | 903,70 | 910,53 | 522,67 | 529,19 | 534,81 |
| 12,58 | 906,20 | 908,14 | 914,88 | 527,44 | 534,21 | 539,89 |
| 12,67 | 910,54 | 912,50 | 919,17 | 532,15 | 539,17 | 544,90 |
| 12,75 | 914,75 | 916,79 | 923,38 | 536,80 | 544,07 | 549,86 |
| 12,83 | 918,91 | 921,00 | 927,52 | 541,39 | 548,91 | 554,77 |
| 12,92 | 923,01 | 925,15 | 931,59 | 545,92 | 553,69 | 559,61 |
| 13,00 | 927,05 | 929,23 | 935,58 | 550,39 | 558,41 | 564,39 |
| 13,08 | 931,03 | 933,24 | 939,51 | 554,81 | 563,07 | 569,12 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 13,17 | 934,93 | 937,18 | 943,37 | 559,17 | 567,67 | 573,78 |
| 13,25 | 938,78 | 941,05 | 947,17 | 563,48 | 572,21 | 578,39 |
| 13,33 | 942,55 | 944,86 | 950,89 | 567,73 | 576,69 | 582,95 |
| 13,42 | 946,26 | 948,61 | 954,56 | 571,92 | 581,11 | 587,44 |
| 13,50 | 949,91 | 952,29 | 958,16 | 576,06 | 585,48 | 591,88 |
| 13,58 | 953,49 | 955,92 | 961,70 | 580,15 | 589,79 | 596,27 |
| 13,67 | 957,01 | 959,48 | 965,18 | 584,18 | 594,05 | 600,60 |
| 13,75 | 960,43 | 962,98 | 968,60 | 588,16 | 598,25 | 604,87 |
| 13,83 | 963,78 | 966,42 | 971,96 | 592,09 | 602,39 | 609,09 |
| 13,92 | 967,09 | 969,81 | 975,28 | 595,96 | 606,48 | 613,26 |
| 14,00 | 970,36 | 973,14 | 978,53 | 599,78 | 610,52 | 617,37 |
| 14,08 | 973,57 | 976,41 | 981,72 | 603,55 | 614,51 | 621,43 |
| 14,17 | 976,73 | 979,63 | 984,86 | 607,28 | 618,44 | 625,44 |
| 14,25 | 979,84 | 982,80 | 987,95 | 610,95 | 622,32 | 629,40 |
| 14,33 | 982,90 | 985,91 | 990,98 | 614,57 | 626,15 | 633,31 |
| 14,42 | 985,91 | 988,98 | 993,96 | 618,14 | 629,92 | 637,16 |
| 14,50 | 988,86 | 991,98 | 996,89 | 621,67 | 633,65 | 640,97 |
| 14,58 | 991,77 | 994,94 | 999,77 | 625,14 | 637,33 | 644,72 |
| 14,67 | 994,62 | 997,85 | 1002,61 | 628,56 | 640,96 | 648,43 |
| 14,75 | 997,42 | 1000,72 | 1005,39 | 631,93 | 644,54 | 652,09 |
| 14,83 | 1000,18 | 1003,53 | 1008,13 | 635,26 | 648,07 | 655,70 |
| 14,92 | 1002,89 | 1006,29 | 1010,83 | 638,55 | 651,56 | 659,26 |
| 15,00 | 1005,55 | 1009,00 | 1013,48 | 641,80 | 654,99 | 662,78 |
| 15,08 | 1008,14 | 1011,67 | 1016,08 | 645,00 | 658,39 | 666,25 |
| 15,17 | 1010,65 | 1014,29 | 1018,64 | 648,16 | 661,74 | 669,67 |
| 15,25 | 1013,15 | 1016,87 | 1021,15 | 651,26 | 665,05 | 673,06 |
| 15,33 | 1015,61 | 1019,40 | 1023,62 | 654,33 | 668,31 | 676,39 |
| 15,42 | 1018,04 | 1021,90 | 1026,05 | 657,36 | 671,53 | 679,69 |
| 15,50 | 1020,42 | 1024,35 | 1028,44 | 660,34 | 674,71 | 682,94 |
| 15,58 | 1022,77 | 1026,77 | 1030,78 | 663,29 | 677,84 | 686,15 |
| 15,67 | 1025,07 | 1029,14 | 1033,09 | 666,20 | 680,93 | 689,32 |
| 15,75 | 1027,34 | 1031,48 | 1035,36 | 669,06 | 683,98 | 692,45 |
| 15,83 | 1029,57 | 1033,78 | 1037,60 | 671,88 | 686,98 | 695,53 |
| 15,92 | 1031,77 | 1036,04 | 1039,79 | 674,67 | 689,95 | 698,58 |
| 16,00 | 1033,92 | 1038,26 | 1041,95 | 677,42 | 692,87 | 701,58 |
| 16,08 | 1036,04 | 1040,45 | 1044,07 | 680,13 | 695,76 | 704,55 |
| 16,17 | 1038,12 | 1042,59 | 1046,16 | 682,80 | 698,60 | 707,48 |
| 16,25 | 1040,17 | 1044,69 | 1048,21 | 685,44 | 701,41 | 710,37 |
| 16,33 | 1042,18 | 1046,76 | 1050,23 | 688,04 | 704,18 | 713,22 |
| 16,42 | 1044,16 | 1048,80 | 1052,21 | 690,60 | 706,91 | 716,03 |
| 16,50 | 1046,11 | 1050,80 | 1054,17 | 693,13 | 709,60 | 718,81 |
| 16,58 | 1048,02 | 1052,77 | 1056,09 | 695,62 | 712,26 | 721,55 |
| 16,67 | 1049,90 | 1054,72 | 1057,98 | 698,08 | 714,89 | 724,25 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 16,75 | 1051,75 | 1056,62 | 1059,84 | 700,51 | 717,47 | 726,92 |
| 16,83 | 1053,56 | 1058,50 | 1061,67 | 702,90 | 720,02 | 729,55 |
| 16,92 | 1055,35 | 1060,35 | 1063,46 | 705,26 | 722,54 | 732,15 |
| 17,00 | 1057,11 | 1062,17 | 1065,23 | 707,59 | 725,03 | 734,72 |
| 17,08 | 1058,84 | 1063,96 | 1066,96 | 709,88 | 727,47 | 737,25 |
| 17,17 | 1060,53 | 1065,71 | 1068,67 | 712,15 | 729,89 | 739,75 |
| 17,25 | 1062,20 | 1067,43 | 1070,35 | 714,38 | 732,27 | 742,22 |
| 17,33 | 1063,84 | 1069,13 | 1072,00 | 716,58 | 734,62 | 744,65 |
| 17,42 | 1065,46 | 1070,80 | 1073,63 | 718,76 | 736,95 | 747,06 |
| 17,50 | 1067,05 | 1072,44 | 1075,23 | 720,90 | 739,24 | 749,43 |
| 17,58 | 1068,61 | 1074,06 | 1076,80 | 723,02 | 741,50 | 751,77 |
| 17,67 | 1070,14 | 1075,65 | 1078,35 | 725,11 | 743,73 | 754,08 |
| 17,75 | 1071,65 | 1077,22 | 1079,88 | 727,17 | 745,93 | 756,36 |
| 17,83 | 1073,14 | 1078,76 | 1081,38 | 729,20 | 748,10 | 758,62 |
| 17,92 | 1074,60 | 1080,27 | 1082,86 | 731,21 | 750,24 | 760,84 |
| 18,00 | 1076,04 | 1081,76 | 1084,31 | 733,19 | 752,35 | 763,04 |
| 18,08 | 1077,45 | 1083,23 | 1085,74 | 735,15 | 754,44 | 765,20 |
| 18,17 | 1078,84 | 1084,68 | 1087,15 | 737,07 | 756,50 | 767,34 |
| 18,25 | 1080,21 | 1086,10 | 1088,53 | 738,98 | 758,53 | 769,45 |
| 18,33 | 1081,55 | 1087,50 | 1089,90 | 740,86 | 760,53 | 771,54 |
| 18,42 | 1082,88 | 1088,87 | 1091,24 | 742,71 | 762,51 | 773,60 |
| 18,50 | 1084,18 | 1090,23 | 1092,56 | 744,54 | 764,47 | 775,63 |
| 18,58 | 1085,46 | 1091,56 | 1093,86 | 746,34 | 766,39 | 777,64 |
| 18,67 | 1086,72 | 1092,87 | 1095,14 | 748,12 | 768,30 | 779,62 |
| 18,75 | 1087,96 | 1094,17 | 1096,40 | 749,88 | 770,18 | 781,58 |
| 18,83 | 1089,18 | 1095,44 | 1097,64 | 751,61 | 772,03 | 783,51 |
| 18,92 | 1090,38 | 1096,69 | 1098,86 | 753,32 | 773,86 | 785,42 |
| 19,00 | 1091,56 | 1097,92 | 1100,06 | 755,01 | 775,66 | 787,30 |
| 19,08 | 1092,72 | 1099,14 | 1101,25 | 756,68 | 777,45 | 789,16 |
| 19,17 | 1093,86 | 1100,33 | 1102,41 | 758,32 | 779,20 | 791,00 |
| 19,25 | 1094,99 | 1101,51 | 1103,56 | 759,95 | 780,94 | 792,81 |
| 19,33 | 1096,10 | 1102,67 | 1104,69 | 761,55 | 782,66 | 794,61 |
| 19,42 | 1097,19 | 1103,81 | 1105,80 | 763,13 | 784,35 | 796,37 |
| 19,50 | 1098,26 | 1104,93 | 1106,90 | 764,70 | 786,02 | 798,12 |
| 19,58 | 1099,31 | 1106,03 | 1107,98 | 766,24 | 787,66 | 799,85 |
| 19,67 | 1100,35 | 1107,12 | 1109,04 | 767,76 | 789,29 | 801,56 |
| 19,75 | 1101,37 | 1108,19 | 1110,09 | 769,27 | 790,90 | 803,24 |
| 19,83 | 1102,38 | 1109,24 | 1111,12 | 770,75 | 792,48 | 804,90 |
| 19,92 | 1103,37 | 1110,28 | 1112,13 | 772,22 | 794,04 | 806,55 |
| 20,00 | 1104,34 | 1111,29 | 1113,13 | 773,67 | 795,59 | 808,17 |
| 20,08 | 1105,30 | 1112,30 | 1114,12 | 775,10 | 797,11 | 809,77 |
| 20,17 | 1106,24 | 1113,29 | 1115,09 | 776,51 | 798,60 | 811,36 |
| 20,25 | 1107,17 | 1114,26 | 1116,05 | 777,91 | 800,09 | 812,92 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 20,33 | 1108,03 | 1115,22 | 1117,00 | 779,29 | 801,55 | 814,47 |
| 20,42 | 1108,89 | 1116,17 | 1117,93 | 780,66 | 803,00 | 816,00 |
| 20,50 | 1109,76 | 1117,09 | 1118,84 | 782,01 | 804,44 | 817,51 |
| 20,58 | 1110,62 | 1118,00 | 1119,73 | 783,34 | 805,85 | 819,00 |
| 20,67 | 1111,48 | 1118,91 | 1120,62 | 784,65 | 807,24 | 820,48 |
| 20,75 | 1112,32 | 1119,79 | 1121,49 | 785,95 | 808,63 | 821,93 |
| 20,83 | 1113,15 | 1120,66 | 1122,34 | 787,23 | 810,00 | 823,37 |
| 20,92 | 1113,97 | 1121,52 | 1123,19 | 788,50 | 811,34 | 824,79 |
| 21,00 | 1114,78 | 1122,37 | 1124,02 | 789,75 | 812,67 | 826,20 |
| 21,08 | 1115,57 | 1123,20 | 1124,85 | 790,99 | 813,99 | 827,58 |
| 21,17 | 1116,35 | 1124,02 | 1125,66 | 792,21 | 815,28 | 828,96 |
| 21,25 | 1117,12 | 1124,83 | 1126,45 | 793,42 | 816,55 | 830,31 |
| 21,33 | 1117,88 | 1125,63 | 1127,24 | 794,62 | 817,82 | 831,65 |
| 21,42 | 1118,63 | 1126,41 | 1128,02 | 795,80 | 819,07 | 832,97 |
| 21,50 | 1119,36 | 1127,19 | 1128,79 | 796,96 | 820,30 | 834,28 |
| 21,58 | 1120,09 | 1127,96 | 1129,54 | 798,11 | 821,52 | 835,57 |
| 21,67 | 1120,80 | 1128,70 | 1130,29 | 799,25 | 822,73 | 836,85 |
| 21,75 | 1121,51 | 1129,44 | 1131,03 | 800,38 | 823,92 | 838,12 |
| 21,83 | 1122,20 | 1130,17 | 1131,75 | 801,49 | 825,10 | 839,37 |
| 21,92 | 1122,89 | 1130,89 | 1132,47 | 802,59 | 826,27 | 840,60 |
| 22,00 | 1123,56 | 1131,59 | 1133,17 | 803,68 | 827,41 | 841,83 |
| 22,08 | 1124,22 | 1132,29 | 1133,86 | 804,75 | 828,54 | 843,04 |
| 22,17 | 1124,88 | 1132,98 | 1134,54 | 805,82 | 829,67 | 844,23 |
| 22,25 | 1125,53 | 1133,65 | 1135,22 | 806,87 | 830,78 | 845,41 |
| 22,33 | 1126,16 | 1134,32 | 1135,88 | 807,90 | 831,87 | 846,57 |
| 22,42 | 1126,79 | 1134,98 | 1136,54 | 808,93 | 832,94 | 847,73 |
| 22,50 | 1127,41 | 1135,62 | 1137,19 | 809,95 | 834,01 | 848,87 |
| 22,58 | 1128,02 | 1136,26 | 1137,83 | 810,95 | 835,07 | 849,99 |
| 22,67 | 1128,59 | 1136,89 | 1138,46 | 811,95 | 836,12 | 851,11 |
| 22,75 | 1129,13 | 1137,50 | 1139,08 | 812,93 | 837,15 | 852,21 |
| 22,83 | 1129,69 | 1138,11 | 1139,70 | 813,91 | 838,17 | 853,31 |
| 22,92 | 1130,26 | 1138,72 | 1140,30 | 814,87 | 839,19 | 854,39 |
| 23,00 | 1130,82 | 1139,30 | 1140,90 | 815,83 | 840,19 | 855,45 |
| 23,08 | 1131,38 | 1139,88 | 1141,49 | 816,77 | 841,17 | 856,51 |
| 23,17 | 1131,93 | 1140,46 | 1142,08 | 817,70 | 842,15 | 857,56 |
| 23,25 | 1132,48 | 1141,03 | 1142,66 | 818,63 | 843,12 | 858,59 |
| 23,33 | 1133,02 | 1141,58 | 1143,23 | 819,54 | 844,07 | 859,61 |
| 23,42 | 1133,55 | 1142,13 | 1143,79 | 820,44 | 845,01 | 860,63 |
| 23,50 | 1134,07 | 1142,68 | 1144,34 | 821,34 | 845,95 | 861,63 |
| 23,58 | 1134,59 | 1143,21 | 1144,89 | 822,23 | 846,88 | 862,62 |
| 23,67 | 1135,10 | 1143,73 | 1145,43 | 823,11 | 847,79 | 863,60 |
| 23,75 | 1135,60 | 1144,25 | 1145,96 | 823,98 | 848,69 | 864,57 |
| 23,83 | 1136,06 | 1144,76 | 1146,49 | 824,84 | 849,57 | 865,53 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 23,92 | 1136,50 | 1145,26 | 1147,01 | 825,69 | 850,45 | 866,48 |
| 24,00 | 1136,97 | 1145,76 | 1147,52 | 826,53 | 851,31 | 867,43 |
| 24,08 | 1137,44 | 1146,25 | 1148,03 | 827,37 | 852,17 | 868,36 |
| 24,17 | 1137,90 | 1146,73 | 1148,53 | 828,20 | 853,02 | 869,28 |
| 24,25 | 1138,37 | 1147,21 | 1149,03 | 829,02 | 853,86 | 870,20 |
| 24,33 | 1138,82 | 1147,68 | 1149,52 | 829,83 | 854,70 | 871,11 |
| 24,42 | 1139,28 | 1148,14 | 1150,00 | 830,64 | 855,54 | 872,00 |
| 24,50 | 1139,73 | 1148,59 | 1150,48 | 831,44 | 856,36 | 872,89 |
| 24,58 | 1140,16 | 1149,05 | 1150,95 | 832,23 | 857,17 | 873,77 |
| 24,67 | 1140,54 | 1149,49 | 1151,42 | 833,02 | 857,97 | 874,64 |
| 24,75 | 1140,95 | 1149,92 | 1151,88 | 833,80 | 858,77 | 875,50 |
| 24,83 | 1141,36 | 1150,36 | 1152,34 | 834,57 | 859,56 | 876,35 |
| 24,92 | 1141,78 | 1150,78 | 1152,79 | 835,34 | 860,33 | 877,20 |
| 25,00 | 1142,19 | 1151,20 | 1153,25 | 836,10 | 861,10 | 878,04 |
| 25,08 | 1142,60 | 1151,61 | 1153,69 | 836,85 | 861,86 | 878,87 |
| 25,17 | 1143,01 | 1152,03 | 1154,12 | 837,60 | 862,62 | 879,69 |
| 25,25 | 1143,39 | 1152,43 | 1154,56 | 838,34 | 863,37 | 880,50 |
| 25,33 | 1143,74 | 1152,82 | 1154,99 | 839,08 | 864,11 | 881,31 |
| 25,42 | 1144,11 | 1153,22 | 1155,41 | 839,81 | 864,85 | 882,11 |
| 25,50 | 1144,49 | 1153,61 | 1155,83 | 840,53 | 865,58 | 882,90 |
| 25,58 | 1144,86 | 1153,99 | 1156,25 | 841,25 | 866,29 | 883,69 |
| 25,67 | 1145,24 | 1154,36 | 1156,66 | 841,96 | 867,00 | 884,46 |
| 25,75 | 1145,62 | 1154,74 | 1157,06 | 842,66 | 867,71 | 885,23 |
| 25,83 | 1145,94 | 1155,11 | 1157,46 | 843,36 | 868,41 | 886,00 |
| 25,92 | 1146,27 | 1155,46 | 1157,86 | 844,06 | 869,10 | 886,75 |
| 26,00 | 1146,62 | 1155,82 | 1158,26 | 844,74 | 869,78 | 887,50 |
| 26,08 | 1146,97 | 1156,18 | 1158,65 | 845,43 | 870,47 | 888,25 |
| 26,17 | 1147,32 | 1156,53 | 1159,03 | 846,11 | 871,14 | 888,98 |
| 26,25 | 1147,67 | 1156,87 | 1159,41 | 846,78 | 871,81 | 889,72 |
| 26,33 | 1147,99 | 1157,22 | 1159,80 | 847,44 | 872,47 | 890,44 |
| 26,42 | 1148,29 | 1157,56 | 1160,17 | 848,10 | 873,13 | 891,16 |
| 26,50 | 1148,60 | 1157,89 | 1160,55 | 848,76 | 873,77 | 891,87 |
| 26,58 | 1148,93 | 1158,21 | 1160,91 | 849,40 | 874,41 | 892,58 |
| 26,67 | 1149,26 | 1158,54 | 1161,27 | 850,05 | 875,04 | 893,28 |
| 26,75 | 1149,59 | 1158,86 | 1161,64 | 850,69 | 875,68 | 893,97 |
| 26,83 | 1149,89 | 1159,18 | 1161,99 | 851,32 | 876,30 | 894,66 |
| 26,92 | 1150,16 | 1159,49 | 1162,35 | 851,95 | 876,92 | 895,34 |
| 27,00 | 1150,46 | 1159,79 | 1162,71 | 852,58 | 877,53 | 896,01 |
| 27,08 | 1150,77 | 1160,10 | 1163,05 | 853,19 | 878,14 | 896,68 |
| 27,17 | 1151,08 | 1160,40 | 1163,39 | 853,81 | 878,74 | 897,35 |
| 27,25 | 1151,39 | 1160,70 | 1163,73 | 854,42 | 879,33 | 898,00 |
| 27,33 | 1151,67 | 1160,99 | 1164,07 | 855,03 | 879,92 | 898,66 |
| 27,42 | 1151,92 | 1161,28 | 1164,41 | 855,62 | 880,51 | 899,31 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 27,50 | 1152,20 | 1161,57 | 1164,74 | 856,22 | 881,08 | 899,95 |
| 27,58 | 1152,49 | 1161,85 | 1165,07 | 856,81 | 881,66 | 900,59 |
| 27,67 | 1152,78 | 1162,13 | 1165,39 | 857,40 | 882,23 | 901,22 |
| 27,75 | 1153,07 | 1162,41 | 1165,71 | 857,97 | 882,79 | 901,85 |
| 27,83 | 1153,34 | 1162,69 | 1166,03 | 858,55 | 883,35 | 902,47 |
| 27,92 | 1153,58 | 1162,96 | 1166,35 | 859,13 | 883,91 | 903,09 |
| 28,00 | 1153,84 | 1163,22 | 1166,66 | 859,69 | 884,46 | 903,71 |
| 28,08 | 1154,12 | 1163,49 | 1166,97 | 860,25 | 885,01 | 904,32 |
| 28,17 | 1154,39 | 1163,76 | 1167,29 | 860,81 | 885,55 | 904,92 |
| 28,25 | 1154,67 | 1164,01 | 1167,59 | 861,37 | 886,09 | 905,52 |
| 28,33 | 1154,92 | 1164,27 | 1167,89 | 861,92 | 886,62 | 906,12 |
| 28,42 | 1155,15 | 1164,52 | 1168,20 | 862,47 | 887,15 | 906,71 |
| 28,50 | 1155,40 | 1164,77 | 1168,50 | 863,01 | 887,67 | 907,29 |
| 28,58 | 1155,66 | 1165,03 | 1168,80 | 863,56 | 888,19 | 907,88 |
| 28,67 | 1155,92 | 1165,27 | 1169,10 | 864,09 | 888,70 | 908,46 |
| 28,75 | 1156,18 | 1165,51 | 1169,40 | 864,62 | 889,21 | 909,03 |
| 28,83 | 1156,43 | 1165,75 | 1169,69 | 865,15 | 889,72 | 909,61 |
| 28,92 | 1156,64 | 1165,99 | 1169,99 | 865,68 | 890,22 | 910,17 |
| 29,00 | 1156,87 | 1166,23 | 1170,28 | 866,20 | 890,71 | 910,74 |
| 29,08 | 1157,12 | 1166,46 | 1170,57 | 866,72 | 891,21 | 911,30 |
| 29,17 | 1157,37 | 1166,69 | 1170,85 | 867,23 | 891,70 | 911,86 |
| 29,25 | 1157,62 | 1166,92 | 1171,14 | 867,74 | 892,18 | 912,41 |
| 29,33 | 1157,87 | 1167,15 | 1171,42 | 868,25 | 892,66 | 912,96 |
| 29,42 | 1158,07 | 1167,38 | 1171,71 | 868,75 | 893,14 | 913,50 |
| 29,50 | 1158,28 | 1167,60 | 1171,99 | 869,25 | 893,62 | 914,05 |
| 29,58 | 1158,51 | 1167,82 | 1172,27 | 869,75 | 894,09 | 914,59 |
| 29,67 | 1158,75 | 1168,04 | 1172,55 | 870,25 | 894,56 | 915,12 |
| 29,75 | 1158,99 | 1168,26 | 1172,82 | 870,74 | 895,02 | 915,65 |
| 29,83 | 1159,23 | 1168,47 | 1173,09 | 871,23 | 895,48 | 916,18 |
| 29,92 | 1159,42 | 1168,68 | 1173,36 | 871,71 | 895,94 | 916,71 |
| 30,00 | 1159,62 | 1168,89 | 1173,63 | 872,19 | 896,40 | 917,23 |
| 30,08 | 1159,85 | 1169,09 | 1173,90 | 872,67 | 896,84 | 917,75 |
| 30,17 | 1160,07 | 1169,30 | 1174,16 | 873,15 | 897,29 | 918,26 |
| 30,25 | 1160,30 | 1169,51 | 1174,43 | 873,62 | 897,74 | 918,77 |
| 30,33 | 1160,53 | 1169,71 | 1174,69 | 874,09 | 898,18 | 919,28 |
| 30,42 | 1160,75 | 1169,91 | 1174,95 | 874,56 | 898,62 | 919,79 |
| 30,50 | 1160,94 | 1170,10 | 1175,21 | 875,02 | 899,05 | 920,29 |
| 30,58 | 1161,12 | 1170,30 | 1175,47 | 875,48 | 899,48 | 920,79 |
| 30,67 | 1161,33 | 1170,50 | 1175,72 | 875,93 | 899,91 | 921,29 |
| 30,75 | 1161,55 | 1170,69 | 1175,97 | 876,39 | 900,33 | 921,78 |
| 30,83 | 1161,77 | 1170,88 | 1176,23 | 876,84 | 900,75 | 922,28 |
| 30,92 | 1161,99 | 1171,07 | 1176,48 | 877,29 | 901,17 | 922,77 |
| 31,00 | 1162,21 | 1171,26 | 1176,73 | 877,74 | 901,59 | 923,25 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 31,08 | 1162,40 | 1171,45 | 1176,99 | 878,18 | 902,00 | 923,74 |
| 31,17 | 1162,56 | 1171,63 | 1177,23 | 878,62 | 902,41 | 924,22 |
| 31,25 | 1162,75 | 1171,82 | 1177,48 | 879,06 | 902,82 | 924,70 |
| 31,33 | 1162,96 | 1171,99 | 1177,72 | 879,50 | 903,23 | 925,17 |
| 31,42 | 1163,16 | 1172,17 | 1177,96 | 879,93 | 903,63 | 925,64 |
| 31,50 | 1163,37 | 1172,35 | 1178,20 | 880,36 | 904,03 | 926,11 |
| 31,58 | 1163,58 | 1172,54 | 1178,44 | 880,78 | 904,43 | 926,58 |
| 31,67 | 1163,79 | 1172,72 | 1178,68 | 881,21 | 904,82 | 927,05 |
| 31,75 | 1164,00 | 1172,89 | 1178,92 | 881,63 | 905,21 | 927,51 |
| 31,83 | 1164,16 | 1173,06 | 1179,16 | 882,05 | 905,60 | 927,97 |
| 31,92 | 1164,32 | 1173,23 | 1179,40 | 882,47 | 905,98 | 928,43 |
| 32,00 | 1164,51 | 1173,40 | 1179,63 | 882,88 | 906,37 | 928,89 |
| 32,08 | 1164,71 | 1173,57 | 1179,87 | 883,30 | 906,75 | 929,34 |
| 32,17 | 1164,90 | 1173,74 | 1180,10 | 883,71 | 907,13 | 929,79 |
| 32,25 | 1165,10 | 1173,91 | 1180,32 | 884,12 | 907,51 | 930,24 |
| 32,33 | 1165,30 | 1174,07 | 1180,55 | 884,53 | 907,88 | 930,69 |
| 32,42 | 1165,50 | 1174,23 | 1180,78 | 884,93 | 908,25 | 931,13 |
| 32,50 | 1165,70 | 1174,39 | 1181,01 | 885,33 | 908,61 | 931,57 |
| 32,58 | 1165,89 | 1174,56 | 1181,23 | 885,73 | 908,98 | 932,01 |
| 32,67 | 1166,05 | 1174,72 | 1181,46 | 886,13 | 909,34 | 932,45 |
| 32,75 | 1166,20 | 1174,88 | 1181,69 | 886,52 | 909,69 | 932,89 |
| 32,83 | 1166,37 | 1175,03 | 1181,92 | 886,92 | 910,05 | 933,32 |
| 32,92 | 1166,56 | 1175,18 | 1182,14 | 887,31 | 910,40 | 933,75 |
| 33,00 | 1166,75 | 1175,34 | 1182,36 | 887,70 | 910,76 | 934,18 |
| 33,08 | 1166,93 | 1175,49 | 1182,58 | 888,08 | 911,11 | 934,61 |
| 33,17 | 1167,12 | 1175,64 | 1182,80 | 888,47 | 911,45 | 935,03 |
| 33,25 | 1167,31 | 1175,79 | 1183,01 | 888,85 | 911,79 | 935,46 |
| 33,33 | 1167,50 | 1175,94 | 1183,23 | 889,23 | 912,14 | 935,88 |
| 33,42 | 1167,69 | 1176,09 | 1183,45 | 889,62 | 912,48 | 936,30 |
| 33,50 | 1167,88 | 1176,24 | 1183,66 | 889,99 | 912,82 | 936,72 |
| 33,58 | 1168,04 | 1176,38 | 1183,88 | 890,36 | 913,16 | 937,13 |
| 33,67 | 1168,18 | 1176,52 | 1184,10 | 890,73 | 913,49 | 937,55 |
| 33,75 | 1168,34 | 1176,66 | 1184,31 | 891,10 | 913,82 | 937,96 |
| 33,83 | 1168,51 | 1176,81 | 1184,53 | 891,47 | 914,15 | 938,37 |
| 33,92 | 1168,69 | 1176,95 | 1184,74 | 891,84 | 914,48 | 938,78 |
| 34,00 | 1168,86 | 1177,09 | 1184,95 | 892,21 | 914,81 | 939,19 |
| 34,08 | 1169,04 | 1177,23 | 1185,16 | 892,58 | 915,14 | 939,59 |
| 34,17 | 1169,22 | 1177,37 | 1185,36 | 892,94 | 915,46 | 940,00 |
| 34,25 | 1169,40 | 1177,51 | 1185,57 | 893,30 | 915,78 | 940,40 |
| 34,33 | 1169,58 | 1177,65 | 1185,78 | 893,65 | 916,10 | 940,80 |
| 34,42 | 1169,76 | 1177,79 | 1185,98 | 894,01 | 916,42 | 941,20 |
| 34,50 | 1169,94 | 1177,92 | 1186,19 | 894,36 | 916,73 | 941,59 |
| 34,58 | 1170,11 | 1178,05 | 1186,39 | 894,72 | 917,04 | 941,99 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 34,67 | 1170,23 | 1178,18 | 1186,60 | 895,07 | 917,35 | 942,38 |
| 34,75 | 1170,38 | 1178,31 | 1186,81 | 895,43 | 917,66 | 942,78 |
| 34,83 | 1170,54 | 1178,45 | 1187,01 | 895,78 | 917,97 | 943,17 |
| 34,92 | 1170,71 | 1178,58 | 1187,21 | 896,13 | 918,28 | 943,55 |
| 35,00 | 1170,87 | 1178,71 | 1187,41 | 896,47 | 918,59 | 943,94 |
| 35,08 | 1171,04 | 1178,84 | 1187,61 | 896,81 | 918,89 | 944,33 |
| 35,17 | 1171,21 | 1178,97 | 1187,81 | 897,15 | 919,19 | 944,71 |
| 35,25 | 1171,39 | 1179,10 | 1188,00 | 897,49 | 919,49 | 945,10 |
| 35,33 | 1171,56 | 1179,23 | 1188,20 | 897,83 | 919,79 | 945,48 |
| 35,42 | 1171,73 | 1179,36 | 1188,40 | 898,17 | 920,09 | 945,86 |
| 35,50 | 1171,90 | 1179,49 | 1188,60 | 898,51 | 920,38 | 946,24 |
| 35,58 | 1172,07 | 1179,61 | 1188,79 | 898,84 | 920,68 | 946,61 |
| 35,67 | 1172,23 | 1179,73 | 1188,99 | 899,18 | 920,97 | 946,99 |
| 35,75 | 1172,39 | 1179,85 | 1189,19 | 899,51 | 921,27 | 947,36 |
| 35,83 | 1172,51 | 1179,97 | 1189,39 | 899,85 | 921,55 | 947,74 |
| 35,92 | 1172,65 | 1180,09 | 1189,58 | 900,17 | 921,84 | 948,11 |
| 36,00 | 1172,80 | 1180,21 | 1189,78 | 900,49 | 922,13 | 948,48 |
| 36,08 | 1172,96 | 1180,33 | 1189,97 | 900,82 | 922,41 | 948,84 |
| 36,17 | 1173,12 | 1180,46 | 1190,16 | 901,14 | 922,69 | 949,21 |
| 36,25 | 1173,28 | 1180,58 | 1190,35 | 901,46 | 922,97 | 949,58 |
| 36,33 | 1173,45 | 1180,70 | 1190,54 | 901,79 | 923,25 | 949,94 |
| 36,42 | 1173,61 | 1180,82 | 1190,73 | 902,11 | 923,53 | 950,30 |
| 36,50 | 1173,77 | 1180,94 | 1190,91 | 902,43 | 923,81 | 950,66 |
| 36,58 | 1173,93 | 1181,06 | 1191,10 | 902,75 | 924,09 | 951,03 |
| 36,67 | 1174,10 | 1181,17 | 1191,29 | 903,07 | 924,37 | 951,39 |
| 36,75 | 1174,26 | 1181,29 | 1191,48 | 903,39 | 924,64 | 951,74 |
| 36,83 | 1174,42 | 1181,41 | 1191,67 | 903,70 | 924,91 | 952,10 |
| 36,92 | 1174,58 | 1181,53 | 1191,85 | 904,02 | 925,18 | 952,45 |
| 37,00 | 1174,74 | 1181,65 | 1192,04 | 904,33 | 925,45 | 952,81 |
| 37,08 | 1174,90 | 1181,76 | 1192,23 | 904,64 | 925,71 | 953,16 |
| 37,17 | 1175,02 | 1181,88 | 1192,42 | 904,94 | 925,98 | 953,52 |
| 37,25 | 1175,13 | 1182,00 | 1192,61 | 905,25 | 926,24 | 953,87 |
| 37,33 | 1175,28 | 1182,11 | 1192,79 | 905,55 | 926,50 | 954,22 |
| 37,42 | 1175,43 | 1182,23 | 1192,98 | 905,86 | 926,76 | 954,56 |
| 37,50 | 1175,58 | 1182,34 | 1193,16 | 906,16 | 927,02 | 954,91 |
| 37,58 | 1175,73 | 1182,46 | 1193,34 | 906,46 | 927,28 | 955,26 |
| 37,67 | 1175,88 | 1182,57 | 1193,52 | 906,77 | 927,54 | 955,60 |
| 37,75 | 1176,04 | 1182,68 | 1193,70 | 907,07 | 927,80 | 955,95 |
| 37,83 | 1176,19 | 1182,80 | 1193,88 | 907,37 | 928,06 | 956,29 |
| 37,92 | 1176,35 | 1182,91 | 1194,06 | 907,67 | 928,31 | 956,63 |
| 38,00 | 1176,50 | 1183,02 | 1194,24 | 907,97 | 928,56 | 956,97 |
| 38,08 | 1176,66 | 1183,13 | 1194,42 | 908,27 | 928,81 | 957,31 |
| 38,17 | 1176,81 | 1183,24 | 1194,60 | 908,57 | 929,06 | 957,65 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 38,25 | 1176,96 | 1183,36 | 1194,78 | 908,86 | 929,31 | 957,99 |
| 38,33 | 1177,12 | 1183,47 | 1194,95 | 909,16 | 929,55 | 958,32 |
| 38,42 | 1177,27 | 1183,57 | 1195,13 | 909,45 | 929,80 | 958,66 |
| 38,50 | 1177,42 | 1183,68 | 1195,31 | 909,73 | 930,04 | 958,99 |
| 38,58 | 1177,57 | 1183,79 | 1195,49 | 910,02 | 930,28 | 959,33 |
| 38,67 | 1177,72 | 1183,90 | 1195,67 | 910,30 | 930,52 | 959,66 |
| 38,75 | 1177,83 | 1184,01 | 1195,84 | 910,59 | 930,76 | 959,99 |
| 38,83 | 1177,94 | 1184,12 | 1196,02 | 910,87 | 931,00 | 960,32 |
| 38,92 | 1178,07 | 1184,22 | 1196,20 | 911,16 | 931,24 | 960,65 |
| 39,00 | 1178,22 | 1184,33 | 1196,37 | 911,44 | 931,48 | 960,97 |
| 39,08 | 1178,36 | 1184,44 | 1196,55 | 911,71 | 931,72 | 961,30 |
| 39,17 | 1178,51 | 1184,54 | 1196,72 | 911,99 | 931,96 | 961,63 |
| 39,25 | 1178,65 | 1184,65 | 1196,90 | 912,26 | 932,19 | 961,95 |
| 39,33 | 1178,80 | 1184,76 | 1197,07 | 912,54 | 932,43 | 962,28 |
| 39,42 | 1178,95 | 1184,86 | 1197,25 | 912,82 | 932,66 | 962,60 |
| 39,50 | 1179,09 | 1184,96 | 1197,42 | 913,08 | 932,89 | 962,92 |
| 39,58 | 1179,24 | 1185,06 | 1197,59 | 913,35 | 933,12 | 963,24 |
| 39,67 | 1179,39 | 1185,15 | 1197,76 | 913,62 | 933,35 | 963,57 |
| 39,75 | 1179,53 | 1185,25 | 1197,94 | 913,89 | 933,58 | 963,89 |
| 39,83 | 1179,68 | 1185,34 | 1198,12 | 914,15 | 933,80 | 964,21 |
| 39,92 | 1179,82 | 1185,44 | 1198,29 | 914,42 | 934,02 | 964,52 |
| 40,00 | 1179,97 | 1185,54 | 1198,47 | 914,68 | 934,25 | 964,84 |
| 40,08 | 1180,11 | 1185,64 | 1198,64 | 914,95 | 934,48 | 965,15 |
| 40,17 | 1180,26 | 1185,74 | 1198,80 | 915,21 | 934,71 | 965,47 |
| 40,25 | 1180,40 | 1185,84 | 1198,97 | 915,46 | 934,93 | 965,78 |
| 40,33 | 1180,55 | 1185,94 | 1199,14 | 915,72 | 935,16 | 966,10 |
| 40,42 | 1180,69 | 1186,05 | 1199,30 | 915,98 | 935,38 | 966,41 |
| 40,50 | 1180,83 | 1186,15 | 1199,47 | 916,24 | 935,60 | 966,72 |
| 40,58 | 1180,98 | 1186,26 | 1199,64 | 916,49 | 935,82 | 967,03 |
| 40,67 | 1181,12 | 1186,36 | 1199,80 | 916,75 | 936,04 | 967,34 |
| 40,75 | 1181,26 | 1186,46 | 1199,97 | 917,00 | 936,26 | 967,65 |
| 40,83 | 1181,41 | 1186,56 | 1200,13 | 917,25 | 936,48 | 967,96 |
| 40,92 | 1181,55 | 1186,66 | 1200,30 | 917,50 | 936,70 | 968,27 |
| 41,00 | 1181,69 | 1186,77 | 1200,47 | 917,75 | 936,91 | 968,57 |
| 41,08 | 1181,83 | 1186,87 | 1200,63 | 917,99 | 937,13 | 968,88 |
| 41,17 | 1181,97 | 1186,97 | 1200,80 | 918,24 | 937,35 | 969,19 |
| 41,25 | 1182,12 | 1187,07 | 1200,96 | 918,49 | 937,56 | 969,49 |
| 41,33 | 1182,26 | 1187,17 | 1201,13 | 918,73 | 937,77 | 969,80 |
| 41,42 | 1182,40 | 1187,27 | 1201,29 | 918,98 | 937,99 | 970,10 |
| 41,50 | 1182,54 | 1187,37 | 1201,46 | 919,22 | 938,20 | 970,40 |
| 41,58 | 1182,68 | 1187,46 | 1201,62 | 919,46 | 938,41 | 970,70 |
| 41,67 | 1182,82 | 1187,56 | 1201,78 | 919,71 | 938,63 | 971,00 |
| 41,75 | 1182,96 | 1187,66 | 1201,94 | 919,95 | 938,84 | 971,30 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 41,83 | 1183,10 | 1187,76 | 1202,11 | 920,19 | 939,05 | 971,60 |
| 41,92 | 1183,24 | 1187,86 | 1202,27 | 920,43 | 939,26 | 971,90 |
| 42,00 | 1183,38 | 1187,95 | 1202,43 | 920,67 | 939,46 | 972,20 |
| 42,08 | 1183,52 | 1188,05 | 1202,59 | 920,90 | 939,67 | 972,50 |
| 42,17 | 1183,66 | 1188,14 | 1202,75 | 921,14 | 939,88 | 972,79 |
| 42,25 | 1183,80 | 1188,23 | 1202,91 | 921,38 | 940,09 | 973,09 |
| 42,33 | 1183,93 | 1188,32 | 1203,08 | 921,61 | 940,29 | 973,38 |
| 42,42 | 1184,07 | 1188,41 | 1203,24 | 921,85 | 940,50 | 973,67 |
| 42,50 | 1184,21 | 1188,51 | 1203,40 | 922,08 | 940,70 | 973,97 |
| 42,58 | 1184,35 | 1188,61 | 1203,56 | 922,32 | 940,90 | 974,26 |
| 42,67 | 1184,49 | 1188,70 | 1203,72 | 922,55 | 941,10 | 974,55 |
| 42,75 | 1184,62 | 1188,79 | 1203,88 | 922,78 | 941,30 | 974,84 |
| 42,83 | 1184,76 | 1188,88 | 1204,04 | 923,02 | 941,50 | 975,14 |
| 42,92 | 1184,90 | 1188,98 | 1204,20 | 923,25 | 941,70 | 975,43 |
| 43,00 | 1185,03 | 1189,08 | 1204,36 | 923,48 | 941,90 | 975,72 |
| 43,08 | 1185,17 | 1189,17 | 1204,52 | 923,71 | 942,10 | 976,00 |
| 43,17 | 1185,31 | 1189,26 | 1204,67 | 923,94 | 942,30 | 976,29 |
| 43,25 | 1185,44 | 1189,35 | 1204,82 | 924,16 | 942,49 | 976,57 |
| 43,33 | 1185,58 | 1189,45 | 1204,98 | 924,39 | 942,69 | 976,86 |
| 43,42 | 1185,72 | 1189,54 | 1205,13 | 924,62 | 942,88 | 977,14 |
| 43,50 | 1185,85 | 1189,63 | 1205,29 | 924,84 | 943,08 | 977,43 |
| 43,58 | 1185,99 | 1189,72 | 1205,44 | 925,07 | 943,28 | 977,71 |
| 43,67 | 1186,11 | 1189,81 | 1205,60 | 925,29 | 943,47 | 978,00 |
| 43,75 | 1186,19 | 1189,90 | 1205,75 | 925,52 | 943,67 | 978,28 |
| 43,83 | 1186,30 | 1190,00 | 1205,91 | 925,74 | 943,86 | 978,56 |
| 43,92 | 1186,43 | 1190,09 | 1206,06 | 925,96 | 944,04 | 978,85 |
| 44,00 | 1186,56 | 1190,18 | 1206,22 | 926,18 | 944,23 | 979,13 |
| 44,08 | 1186,69 | 1190,27 | 1206,37 | 926,40 | 944,42 | 979,41 |
| 44,17 | 1186,82 | 1190,37 | 1206,52 | 926,62 | 944,62 | 979,69 |
| 44,25 | 1186,95 | 1190,46 | 1206,67 | 926,84 | 944,81 | 979,96 |
| 44,33 | 1187,09 | 1190,54 | 1206,82 | 927,06 | 945,00 | 980,24 |
| 44,42 | 1187,20 | 1190,63 | 1206,97 | 927,28 | 945,19 | 980,52 |
| 44,50 | 1187,29 | 1190,73 | 1207,12 | 927,49 | 945,38 | 980,79 |
| 44,58 | 1187,40 | 1190,81 | 1207,27 | 927,71 | 945,57 | 981,07 |
| 44,67 | 1187,53 | 1190,90 | 1207,42 | 927,93 | 945,76 | 981,34 |
| 44,75 | 1187,66 | 1190,99 | 1207,58 | 928,14 | 945,95 | 981,62 |
| 44,83 | 1187,79 | 1191,08 | 1207,73 | 928,36 | 946,13 | 981,89 |
| 44,92 | 1187,92 | 1191,17 | 1207,88 | 928,57 | 946,32 | 982,17 |
| 45,00 | 1188,05 | 1191,26 | 1208,02 | 928,79 | 946,50 | 982,44 |
| 45,08 | 1188,16 | 1191,35 | 1208,17 | 929,01 | 946,69 | 982,72 |
| 45,17 | 1188,24 | 1191,44 | 1208,32 | 929,22 | 946,87 | 982,99 |
| 45,25 | 1188,35 | 1191,52 | 1208,47 | 929,44 | 947,06 | 983,26 |
| 45,33 | 1188,47 | 1191,61 | 1208,61 | 929,65 | 947,24 | 983,53 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 45,42 | 1188,60 | 1191,70 | 1208,76 | 929,86 | 947,43 | 983,80 |
| 45,50 | 1188,73 | 1191,79 | 1208,91 | 930,08 | 947,61 | 984,07 |
| 45,58 | 1188,86 | 1191,88 | 1209,06 | 930,29 | 947,79 | 984,34 |
| 45,67 | 1188,98 | 1191,97 | 1209,22 | 930,50 | 947,97 | 984,60 |
| 45,75 | 1189,06 | 1192,05 | 1209,36 | 930,71 | 948,15 | 984,87 |
| 45,83 | 1189,17 | 1192,14 | 1209,51 | 930,93 | 948,34 | 985,14 |
| 45,92 | 1189,29 | 1192,23 | 1209,65 | 931,14 | 948,51 | 985,40 |
| 46,00 | 1189,42 | 1192,32 | 1209,80 | 931,35 | 948,69 | 985,67 |
| 46,08 | 1189,55 | 1192,40 | 1209,95 | 931,56 | 948,87 | 985,93 |
| 46,17 | 1189,66 | 1192,49 | 1210,09 | 931,77 | 949,05 | 986,20 |
| 46,25 | 1189,74 | 1192,58 | 1210,24 | 931,98 | 949,23 | 986,47 |
| 46,33 | 1189,84 | 1192,66 | 1210,39 | 932,19 | 949,41 | 986,73 |
| 46,42 | 1189,96 | 1192,75 | 1210,54 | 932,40 | 949,58 | 986,99 |
| 46,50 | 1190,08 | 1192,84 | 1210,68 | 932,61 | 949,76 | 987,26 |
| 46,58 | 1190,20 | 1192,92 | 1210,83 | 932,82 | 949,94 | 987,52 |
| 46,67 | 1190,28 | 1193,00 | 1210,97 | 933,04 | 950,11 | 987,78 |
| 46,75 | 1190,38 | 1193,09 | 1211,11 | 933,25 | 950,29 | 988,04 |
| 46,83 | 1190,49 | 1193,17 | 1211,26 | 933,46 | 950,46 | 988,30 |
| 46,92 | 1190,61 | 1193,25 | 1211,40 | 933,67 | 950,64 | 988,55 |
| 47,00 | 1190,73 | 1193,34 | 1211,55 | 933,89 | 950,81 | 988,81 |
| 47,08 | 1190,81 | 1193,42 | 1211,70 | 934,10 | 950,98 | 989,07 |
| 47,17 | 1190,90 | 1193,50 | 1211,84 | 934,31 | 951,15 | 989,33 |
| 47,25 | 1191,02 | 1193,58 | 1211,99 | 934,52 | 951,33 | 989,59 |
| 47,33 | 1191,13 | 1193,67 | 1212,13 | 934,74 | 951,50 | 989,84 |
| 47,42 | 1191,25 | 1193,75 | 1212,27 | 934,95 | 951,67 | 990,10 |
| 47,50 | 1191,37 | 1193,83 | 1212,41 | 935,16 | 951,84 | 990,35 |
| 47,58 | 1191,44 | 1193,91 | 1212,56 | 935,37 | 952,01 | 990,61 |
| 47,67 | 1191,54 | 1193,99 | 1212,70 | 935,58 | 952,18 | 990,86 |
| 47,75 | 1191,66 | 1194,07 | 1212,84 | 935,80 | 952,35 | 991,11 |
| 47,83 | 1191,78 | 1194,15 | 1212,99 | 936,01 | 952,52 | 991,36 |
| 47,92 | 1191,90 | 1194,23 | 1213,14 | 936,22 | 952,69 | 991,61 |
| 48,00 | 1192,00 | 1194,31 | 1213,28 | 936,44 | 952,86 | 991,86 |
| 48,08 | 1192,08 | 1194,39 | 1213,42 | 936,65 | 953,03 | 992,12 |
| 48,17 | 1192,19 | 1194,48 | 1213,56 | 936,86 | 953,19 | 992,36 |
| 48,25 | 1192,31 | 1194,55 | 1213,70 | 937,08 | 953,36 | 992,61 |
| 48,33 | 1192,43 | 1194,63 | 1213,84 | 937,29 | 953,53 | 992,86 |
| 48,42 | 1192,52 | 1194,71 | 1213,98 | 937,51 | 953,70 | 993,10 |
| 48,50 | 1192,60 | 1194,79 | 1214,12 | 937,72 | 953,86 | 993,35 |
| 48,58 | 1192,71 | 1194,87 | 1214,27 | 937,93 | 954,03 | 993,60 |
| 48,67 | 1192,83 | 1194,94 | 1214,41 | 938,14 | 954,19 | 993,84 |
| 48,75 | 1192,94 | 1195,02 | 1214,56 | 938,35 | 954,36 | 994,09 |
| 48,83 | 1193,02 | 1195,09 | 1214,70 | 938,56 | 954,52 | 994,33 |
| 48,92 | 1193,11 | 1195,17 | 1214,84 | 938,77 | 954,68 | 994,57 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 49,00 | 1193,23 | 1195,24 | 1214,98 | 938,99 | 954,84 | 994,82 |
| 49,08 | 1193,35 | 1195,32 | 1215,12 | 939,20 | 955,01 | 995,06 |
| 49,17 | 1193,42 | 1195,39 | 1215,26 | 939,41 | 955,17 | 995,31 |
| 49,25 | 1193,51 | 1195,47 | 1215,40 | 939,62 | 955,33 | 995,55 |
| 49,33 | 1193,62 | 1195,54 | 1215,54 | 939,84 | 955,49 | 995,79 |
| 49,42 | 1193,74 | 1195,61 | 1215,68 | 940,05 | 955,65 | 996,03 |
| 49,50 | 1193,82 | 1195,69 | 1215,82 | 940,26 | 955,81 | 996,27 |
| 49,58 | 1193,91 | 1195,76 | 1215,96 | 940,47 | 955,97 | 996,52 |
| 49,67 | 1194,02 | 1195,83 | 1216,11 | 940,69 | 956,12 | 996,76 |
| 49,75 | 1194,14 | 1195,90 | 1216,25 | 940,90 | 956,28 | 997,00 |
| 49,83 | 1194,22 | 1195,98 | 1216,39 | 941,11 | 956,44 | 997,23 |
| 49,92 | 1194,30 | 1196,04 | 1216,52 | 941,32 | 956,60 | 997,47 |
| 50,00 | 1194,41 | 1196,11 | 1216,66 | 941,53 | 956,75 | 997,71 |
| 50,08 | 1194,53 | 1196,18 | 1216,80 | 941,75 | 956,90 | 997,95 |
| 50,17 | 1194,60 | 1196,25 | 1216,94 | 941,96 | 957,06 | 998,19 |
| 50,25 | 1194,69 | 1196,31 | 1217,07 | 942,18 | 957,21 | 998,42 |
| 50,33 | 1194,81 | 1196,38 | 1217,21 | 942,39 | 957,36 | 998,66 |
| 50,42 | 1194,91 | 1196,45 | 1217,35 | 942,60 | 957,52 | 998,89 |
| 50,50 | 1194,98 | 1196,52 | 1217,49 | 942,81 | 957,67 | 999,13 |
| 50,58 | 1195,08 | 1196,58 | 1217,63 | 943,03 | 957,81 | 999,36 |
| 50,67 | 1195,20 | 1196,65 | 1217,77 | 943,24 | 957,96 | 999,59 |
| 50,75 | 1195,28 | 1196,72 | 1217,91 | 943,45 | 958,10 | 999,83 |
| 50,83 | 1195,37 | 1196,78 | 1218,04 | 943,66 | 958,25 | 1000,06 |
| 50,92 | 1195,48 | 1196,85 | 1218,18 | 943,87 | 958,40 | 1000,29 |
| 51,00 | 1195,58 | 1196,91 | 1218,31 | 944,08 | 958,55 | 1000,53 |
| 51,08 | 1195,65 | 1196,98 | 1218,45 | 944,29 | 958,70 | 1000,76 |
| 51,17 | 1195,75 | 1197,04 | 1218,58 | 944,50 | 958,85 | 1000,99 |
| 51,25 | 1195,86 | 1197,11 | 1218,72 | 944,71 | 958,99 | 1001,22 |
| 51,33 | 1195,96 | 1197,17 | 1218,86 | 944,92 | 959,14 | 1001,46 |
| 51,42 | 1196,04 | 1197,24 | 1218,99 | 945,13 | 959,28 | 1001,69 |
| 51,50 | 1196,14 | 1197,30 | 1219,13 | 945,34 | 959,43 | 1001,92 |
| 51,58 | 1196,25 | 1197,36 | 1219,26 | 945,55 | 959,58 | 1002,14 |
| 51,67 | 1196,33 | 1197,43 | 1219,40 | 945,76 | 959,72 | 1002,37 |
| 51,75 | 1196,42 | 1197,50 | 1219,53 | 945,96 | 959,87 | 1002,60 |
| 51,83 | 1196,54 | 1197,55 | 1219,67 | 946,17 | 960,02 | 1002,83 |
| 51,92 | 1196,64 | 1197,62 | 1219,80 | 946,38 | 960,16 | 1003,06 |
| 52,00 | 1196,71 | 1197,68 | 1219,94 | 946,58 | 960,30 | 1003,29 |
| 52,08 | 1196,82 | 1197,75 | 1220,07 | 946,79 | 960,45 | 1003,51 |
| 52,17 | 1196,93 | 1197,80 | 1220,21 | 946,99 | 960,59 | 1003,74 |
| 52,25 | 1197,01 | 1197,87 | 1220,34 | 947,20 | 960,73 | 1003,97 |
| 52,33 | 1197,10 | 1197,93 | 1220,48 | 947,40 | 960,88 | 1004,19 |
| 52,42 | 1197,21 | 1198,00 | 1220,62 | 947,61 | 961,02 | 1004,42 |
| 52,50 | 1197,30 | 1198,06 | 1220,75 | 947,81 | 961,17 | 1004,65 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 52,58 | 1197,38 | 1198,12 | 1220,89 | 948,02 | 961,31 | 1004,87 |
| 52,67 | 1197,49 | 1198,18 | 1221,02 | 948,22 | 961,45 | 1005,10 |
| 52,75 | 1197,59 | 1198,25 | 1221,15 | 948,42 | 961,60 | 1005,32 |
| 52,83 | 1197,67 | 1198,31 | 1221,29 | 948,62 | 961,74 | 1005,55 |
| 52,92 | 1197,78 | 1198,37 | 1221,42 | 948,82 | 961,87 | 1005,78 |
| 53,00 | 1197,88 | 1198,43 | 1221,56 | 949,02 | 962,01 | 1006,00 |
| 53,08 | 1197,96 | 1198,50 | 1221,69 | 949,23 | 962,15 | 1006,23 |
| 53,17 | 1198,06 | 1198,56 | 1221,83 | 949,43 | 962,29 | 1006,45 |
| 53,25 | 1198,17 | 1198,61 | 1221,96 | 949,62 | 962,43 | 1006,67 |
| 53,33 | 1198,25 | 1198,67 | 1222,10 | 949,83 | 962,57 | 1006,90 |
| 53,42 | 1198,35 | 1198,74 | 1222,24 | 950,03 | 962,71 | 1007,12 |
| 53,50 | 1198,46 | 1198,80 | 1222,38 | 950,23 | 962,85 | 1007,34 |
| 53,58 | 1198,54 | 1198,86 | 1222,51 | 950,42 | 962,98 | 1007,56 |
| 53,67 | 1198,63 | 1198,91 | 1222,65 | 950,62 | 963,12 | 1007,78 |
| 53,75 | 1198,75 | 1198,98 | 1222,79 | 950,82 | 963,26 | 1008,00 |
| 53,83 | 1198,83 | 1199,04 | 1222,93 | 951,02 | 963,39 | 1008,22 |
| 53,92 | 1198,92 | 1199,10 | 1223,06 | 951,21 | 963,53 | 1008,44 |
| 54,00 | 1199,03 | 1199,16 | 1223,20 | 951,41 | 963,67 | 1008,66 |
| 54,08 | 1199,14 | 1199,22 | 1223,33 | 951,61 | 963,80 | 1008,88 |
| 54,17 | 1199,22 | 1199,28 | 1223,47 | 951,80 | 963,93 | 1009,10 |
| 54,25 | 1199,32 | 1199,34 | 1223,61 | 952,00 | 964,07 | 1009,32 |
| 54,33 | 1199,43 | 1199,40 | 1223,74 | 952,20 | 964,20 | 1009,54 |
| 54,42 | 1199,55 | 1199,46 | 1223,88 | 952,39 | 964,33 | 1009,76 |
| 54,50 | 1199,62 | 1199,51 | 1224,01 | 952,58 | 964,46 | 1009,98 |
| 54,58 | 1199,72 | 1199,57 | 1224,15 | 952,78 | 964,59 | 1010,20 |
| 54,67 | 1199,83 | 1199,63 | 1224,29 | 952,97 | 964,71 | 1010,42 |
| 54,75 | 1199,95 | 1199,69 | 1224,42 | 953,17 | 964,84 | 1010,65 |
| 54,83 | 1200,05 | 1199,75 | 1224,56 | 953,36 | 964,97 | 1010,87 |
| 54,92 | 1200,13 | 1199,80 | 1224,69 | 953,55 | 965,10 | 1011,09 |
| 55,00 | 1200,24 | 1199,86 | 1224,83 | 953,74 | 965,22 | 1011,31 |
| 55,08 | 1200,36 | 1199,92 | 1224,96 | 953,94 | 965,35 | 1011,53 |
| 55,17 | 1200,47 | 1199,98 | 1225,10 | 954,13 | 965,48 | 1011,75 |
| 55,25 | 1200,55 | 1200,04 | 1225,24 | 954,32 | 965,61 | 1011,97 |
| 55,33 | 1200,65 | 1200,10 | 1225,37 | 954,51 | 965,73 | 1012,20 |
| 55,42 | 1200,77 | 1200,15 | 1225,51 | 954,70 | 965,86 | 1012,42 |
| 55,50 | 1200,89 | 1200,20 | 1225,64 | 954,89 | 965,98 | 1012,64 |
| 55,58 | 1200,99 | 1200,26 | 1225,78 | 955,08 | 966,11 | 1012,86 |
| 55,67 | 1201,07 | 1200,32 | 1225,91 | 955,27 | 966,24 | 1013,08 |
| 55,75 | 1201,17 | 1200,38 | 1226,04 | 955,46 | 966,36 | 1013,30 |
| 55,83 | 1201,29 | 1200,44 | 1226,18 | 955,65 | 966,49 | 1013,52 |
| 55,92 | 1201,41 | 1200,49 | 1226,31 | 955,84 | 966,62 | 1013,75 |
| 56,00 | 1201,51 | 1200,55 | 1226,45 | 956,02 | 966,75 | 1013,97 |
| 56,08 | 1201,59 | 1200,60 | 1226,58 | 956,21 | 966,88 | 1014,19 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 56,17 | 1201,69 | 1200,66 | 1226,71 | 956,40 | 967,00 | 1014,41 |
| 56,25 | 1201,81 | 1200,71 | 1226,85 | 956,59 | 967,13 | 1014,63 |
| 56,33 | 1201,93 | 1200,77 | 1226,98 | 956,78 | 967,25 | 1014,85 |
| 56,42 | 1202,04 | 1200,83 | 1227,11 | 956,96 | 967,38 | 1015,07 |
| 56,50 | 1202,11 | 1200,89 | 1227,25 | 957,14 | 967,50 | 1015,29 |
| 56,58 | 1202,21 | 1200,94 | 1227,38 | 957,33 | 967,62 | 1015,51 |
| 56,67 | 1202,32 | 1200,99 | 1227,51 | 957,52 | 967,74 | 1015,73 |
| 56,75 | 1202,44 | 1201,04 | 1227,64 | 957,71 | 967,86 | 1015,96 |
| 56,83 | 1202,56 | 1201,10 | 1227,77 | 957,89 | 967,98 | 1016,17 |
| 56,92 | 1202,66 | 1201,15 | 1227,90 | 958,07 | 968,10 | 1016,39 |
| 57,00 | 1202,74 | 1201,21 | 1228,03 | 958,25 | 968,22 | 1016,61 |
| 57,08 | 1202,84 | 1201,27 | 1228,16 | 958,44 | 968,34 | 1016,84 |
| 57,17 | 1202,95 | 1201,33 | 1228,29 | 958,62 | 968,46 | 1017,05 |
| 57,25 | 1203,07 | 1201,38 | 1228,42 | 958,81 | 968,58 | 1017,27 |
| 57,33 | 1203,19 | 1201,43 | 1228,55 | 958,99 | 968,70 | 1017,49 |
| 57,42 | 1203,29 | 1201,48 | 1228,68 | 959,17 | 968,81 | 1017,71 |
| 57,50 | 1203,36 | 1201,53 | 1228,80 | 959,35 | 968,93 | 1017,93 |
| 57,58 | 1203,46 | 1201,58 | 1228,93 | 959,53 | 969,05 | 1018,15 |
| 57,67 | 1203,57 | 1201,64 | 1229,06 | 959,71 | 969,16 | 1018,37 |
| 57,75 | 1203,69 | 1201,69 | 1229,19 | 959,90 | 969,28 | 1018,59 |
| 57,83 | 1203,80 | 1201,75 | 1229,32 | 960,08 | 969,39 | 1018,81 |
| 57,92 | 1203,92 | 1201,80 | 1229,45 | 960,26 | 969,51 | 1019,02 |
| 58,00 | 1204,00 | 1201,86 | 1229,58 | 960,43 | 969,62 | 1019,24 |
| 58,08 | 1204,08 | 1201,91 | 1229,70 | 960,61 | 969,74 | 1019,46 |
| 58,17 | 1204,19 | 1201,96 | 1229,83 | 960,79 | 969,85 | 1019,68 |
| 58,25 | 1204,30 | 1202,01 | 1229,96 | 960,97 | 969,97 | 1019,89 |
| 58,33 | 1204,41 | 1202,06 | 1230,08 | 961,15 | 970,08 | 1020,11 |
| 58,42 | 1204,53 | 1202,11 | 1230,21 | 961,33 | 970,19 | 1020,33 |
| 58,50 | 1204,64 | 1202,16 | 1230,34 | 961,50 | 970,31 | 1020,54 |
| 58,58 | 1204,73 | 1202,21 | 1230,46 | 961,67 | 970,42 | 1020,76 |
| 58,67 | 1204,80 | 1202,27 | 1230,59 | 961,85 | 970,53 | 1020,98 |
| 58,75 | 1204,91 | 1202,32 | 1230,71 | 962,02 | 970,65 | 1021,19 |
| 58,83 | 1205,01 | 1202,38 | 1230,84 | 962,20 | 970,76 | 1021,41 |
| 58,92 | 1205,13 | 1202,43 | 1230,96 | 962,38 | 970,87 | 1021,62 |
| 59,00 | 1205,24 | 1202,49 | 1231,09 | 962,56 | 970,98 | 1021,84 |
| 59,08 | 1205,36 | 1202,54 | 1231,22 | 962,73 | 971,10 | 1022,05 |
| 59,17 | 1205,46 | 1202,60 | 1231,34 | 962,90 | 971,21 | 1022,27 |
| 59,25 | 1205,52 | 1202,65 | 1231,47 | 963,07 | 971,32 | 1022,49 |
| 59,33 | 1205,62 | 1202,71 | 1231,59 | 963,24 | 971,43 | 1022,70 |
| 59,42 | 1205,72 | 1202,76 | 1231,72 | 963,41 | 971,54 | 1022,92 |
| 59,50 | 1205,83 | 1202,82 | 1231,84 | 963,59 | 971,65 | 1023,13 |
| 59,58 | 1205,95 | 1202,87 | 1231,97 | 963,76 | 971,76 | 1023,35 |
| 59,67 | 1206,06 | 1202,93 | 1232,09 | 963,94 | 971,86 | 1023,56 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 59,75 | 1206,17 | 1202,98 | 1232,22 | 964,11 | 971,97 | 1023,78 |
| 59,83 | 1206,25 | 1203,03 | 1232,34 | 964,28 | 972,08 | 1023,99 |
| 59,92 | 1206,32 | 1203,09 | 1232,46 | 964,44 | 972,19 | 1024,20 |
| 60,00 | 1206,42 | 1203,14 | 1232,59 | 964,61 | 972,30 | 1024,42 |
| 60,08 | 1206,53 | 1203,20 | 1232,71 | 964,78 | 972,41 | 1024,63 |
| 60,17 | 1206,64 | 1203,25 | 1232,84 | 964,95 | 972,52 | 1024,84 |
| 60,25 | 1206,75 | 1203,31 | 1232,96 | 965,12 | 972,62 | 1025,06 |
| 60,33 | 1206,86 | 1203,36 | 1233,09 | 965,29 | 972,73 | 1025,27 |
| 60,42 | 1206,97 | 1203,41 | 1233,21 | 965,46 | 972,84 | 1025,48 |
| 60,50 | 1207,07 | 1203,47 | 1233,33 | 965,63 | 972,95 | 1025,69 |
| 60,58 | 1207,13 | 1203,52 | 1233,45 | 965,79 | 973,06 | 1025,91 |
| 60,67 | 1207,22 | 1203,58 | 1233,58 | 965,95 | 973,16 | 1026,12 |
| 60,75 | 1207,32 | 1203,63 | 1233,70 | 966,12 | 973,27 | 1026,33 |
| 60,83 | 1207,43 | 1203,68 | 1233,82 | 966,28 | 973,38 | 1026,55 |
| 60,92 | 1207,54 | 1203,74 | 1233,94 | 966,45 | 973,49 | 1026,76 |
| 61,00 | 1207,64 | 1203,79 | 1234,07 | 966,62 | 973,59 | 1026,97 |
| 61,08 | 1207,75 | 1203,85 | 1234,19 | 966,78 | 973,70 | 1027,18 |
| 61,17 | 1207,86 | 1203,90 | 1234,31 | 966,95 | 973,81 | 1027,39 |
| 61,25 | 1207,98 | 1203,95 | 1234,43 | 967,12 | 973,92 | 1027,59 |
| 61,33 | 1208,07 | 1204,01 | 1234,55 | 967,28 | 974,02 | 1027,80 |
| 61,42 | 1208,13 | 1204,06 | 1234,67 | 967,44 | 974,13 | 1028,01 |
| 61,50 | 1208,21 | 1204,11 | 1234,79 | 967,60 | 974,23 | 1028,23 |
| 61,58 | 1208,31 | 1204,17 | 1234,91 | 967,76 | 974,34 | 1028,43 |
| 61,67 | 1208,41 | 1204,22 | 1235,03 | 967,92 | 974,44 | 1028,64 |
| 61,75 | 1208,51 | 1204,27 | 1235,15 | 968,08 | 974,55 | 1028,85 |
| 61,83 | 1208,62 | 1204,33 | 1235,27 | 968,25 | 974,65 | 1029,06 |
| 61,92 | 1208,73 | 1204,38 | 1235,40 | 968,41 | 974,76 | 1029,26 |
| 62,00 | 1208,83 | 1204,43 | 1235,51 | 968,57 | 974,86 | 1029,47 |
| 62,08 | 1208,94 | 1204,49 | 1235,63 | 968,74 | 974,97 | 1029,68 |
| 62,17 | 1209,05 | 1204,54 | 1235,75 | 968,90 | 975,07 | 1029,89 |
| 62,25 | 1209,16 | 1204,59 | 1235,87 | 969,05 | 975,18 | 1030,10 |
| 62,33 | 1209,27 | 1204,65 | 1235,99 | 969,21 | 975,28 | 1030,31 |
| 62,42 | 1209,38 | 1204,70 | 1236,11 | 969,36 | 975,38 | 1030,51 |
| 62,50 | 1209,48 | 1204,75 | 1236,23 | 969,52 | 975,49 | 1030,72 |
| 62,58 | 1209,55 | 1204,80 | 1236,35 | 969,68 | 975,59 | 1030,92 |
| 62,67 | 1209,61 | 1204,86 | 1236,46 | 969,83 | 975,69 | 1031,13 |
| 62,75 | 1209,70 | 1204,91 | 1236,58 | 969,99 | 975,80 | 1031,33 |
| 62,83 | 1209,80 | 1204,96 | 1236,70 | 970,14 | 975,90 | 1031,54 |
| 62,92 | 1209,90 | 1205,01 | 1236,81 | 970,29 | 976,00 | 1031,74 |
| 63,00 | 1210,00 | 1205,07 | 1236,93 | 970,44 | 976,11 | 1031,95 |
| 63,08 | 1210,11 | 1205,12 | 1237,05 | 970,59 | 976,21 | 1032,15 |
| 63,17 | 1210,21 | 1205,18 | 1237,16 | 970,74 | 976,31 | 1032,36 |
| 63,25 | 1210,32 | 1205,23 | 1237,28 | 970,89 | 976,41 | 1032,56 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 63,33 | 1210,42 | 1205,29 | 1237,40 | 971,03 | 976,52 | 1032,76 |
| 63,42 | 1210,53 | 1205,34 | 1237,51 | 971,18 | 976,62 | 1032,96 |
| 63,50 | 1210,63 | 1205,40 | 1237,63 | 971,33 | 976,72 | 1033,16 |
| 63,58 | 1210,74 | 1205,46 | 1237,75 | 971,47 | 976,82 | 1033,37 |
| 63,67 | 1210,84 | 1205,52 | 1237,86 | 971,62 | 976,92 | 1033,57 |
| 63,75 | 1210,95 | 1205,57 | 1237,98 | 971,77 | 977,02 | 1033,77 |
| 63,83 | 1211,05 | 1205,63 | 1238,09 | 971,91 | 977,12 | 1033,97 |
| 63,92 | 1211,16 | 1205,69 | 1238,21 | 972,05 | 977,22 | 1034,17 |
| 64,00 | 1211,26 | 1205,75 | 1238,33 | 972,20 | 977,32 | 1034,37 |
| 64,08 | 1211,37 | 1205,82 | 1238,44 | 972,34 | 977,42 | 1034,58 |
| 64,17 | 1211,45 | 1205,87 | 1238,55 | 972,48 | 977,52 | 1034,78 |
| 64,25 | 1211,50 | 1205,93 | 1238,66 | 972,62 | 977,62 | 1034,98 |
| 64,33 | 1211,58 | 1205,99 | 1238,77 | 972,76 | 977,72 | 1035,18 |
| 64,42 | 1211,68 | 1206,06 | 1238,89 | 972,90 | 977,82 | 1035,38 |
| 64,50 | 1211,77 | 1206,12 | 1239,00 | 973,04 | 977,92 | 1035,58 |
| 64,58 | 1211,87 | 1206,18 | 1239,11 | 973,17 | 978,02 | 1035,78 |
| 64,67 | 1211,97 | 1206,25 | 1239,22 | 973,31 | 978,12 | 1035,98 |
| 64,75 | 1212,07 | 1206,31 | 1239,33 | 973,45 | 978,21 | 1036,18 |
| 64,83 | 1212,18 | 1206,37 | 1239,44 | 973,59 | 978,31 | 1036,38 |
| 64,92 | 1212,28 | 1206,43 | 1239,55 | 973,73 | 978,42 | 1036,57 |
| 65,00 | 1212,38 | 1206,50 | 1239,66 | 973,87 | 978,52 | 1036,77 |
| 65,08 | 1212,48 | 1206,56 | 1239,77 | 974,00 | 978,62 | 1036,97 |
| 65,17 | 1212,59 | 1206,63 | 1239,88 | 974,14 | 978,72 | 1037,16 |
| 65,25 | 1212,69 | 1206,70 | 1239,99 | 974,27 | 978,82 | 1037,36 |
| 65,33 | 1212,79 | 1206,76 | 1240,10 | 974,41 | 978,93 | 1037,56 |
| 65,42 | 1212,89 | 1206,83 | 1240,21 | 974,54 | 979,02 | 1037,75 |
| 65,50 | 1212,99 | 1206,89 | 1240,32 | 974,68 | 979,12 | 1037,95 |
| 65,58 | 1213,10 | 1206,95 | 1240,43 | 974,81 | 979,22 | 1038,15 |
| 65,67 | 1213,20 | 1207,02 | 1240,54 | 974,94 | 979,32 | 1038,34 |
| 65,75 | 1213,30 | 1207,08 | 1240,65 | 975,07 | 979,41 | 1038,54 |
| 65,83 | 1213,40 | 1207,14 | 1240,76 | 975,21 | 979,51 | 1038,73 |
| 65,92 | 1213,50 | 1207,21 | 1240,88 | 975,34 | 979,60 | 1038,93 |
| 66,00 | 1213,61 | 1207,27 | 1240,99 | 975,47 | 979,70 | 1039,12 |
| 66,08 | 1213,71 | 1207,33 | 1241,10 | 975,60 | 979,80 | 1039,31 |
| 66,17 | 1213,81 | 1207,39 | 1241,21 | 975,73 | 979,90 | 1039,51 |
| 66,25 | 1213,91 | 1207,46 | 1241,32 | 975,86 | 980,00 | 1039,70 |
| 66,33 | 1214,01 | 1207,52 | 1241,43 | 976,00 | 980,10 | 1039,89 |
| 66,42 | 1214,12 | 1207,58 | 1241,54 | 976,13 | 980,20 | 1040,09 |
| 66,50 | 1214,22 | 1207,64 | 1241,65 | 976,26 | 980,29 | 1040,28 |
| 66,58 | 1214,32 | 1207,71 | 1241,76 | 976,39 | 980,39 | 1040,47 |
| 66,67 | 1214,42 | 1207,76 | 1241,87 | 976,52 | 980,48 | 1040,66 |
| 66,75 | 1214,52 | 1207,82 | 1241,98 | 976,65 | 980,58 | 1040,85 |
| 66,83 | 1214,62 | 1207,89 | 1242,09 | 976,78 | 980,67 | 1041,05 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 66,92 | 1214,73 | 1207,95 | 1242,20 | 976,90 | 980,76 | 1041,24 |
| 67,00 | 1214,83 | 1208,01 | 1242,31 | 977,03 | 980,86 | 1041,43 |
| 67,08 | 1214,93 | 1208,07 | 1242,42 | 977,16 | 980,95 | 1041,62 |
| 67,17 | 1215,03 | 1208,14 | 1242,52 | 977,28 | 981,04 | 1041,81 |
| 67,25 | 1215,13 | 1208,20 | 1242,63 | 977,41 | 981,13 | 1042,00 |
| 67,33 | 1215,23 | 1208,26 | 1242,74 | 977,54 | 981,23 | 1042,19 |
| 67,42 | 1215,33 | 1208,33 | 1242,85 | 977,66 | 981,32 | 1042,37 |
| 67,50 | 1215,43 | 1208,39 | 1242,96 | 977,79 | 981,42 | 1042,56 |
| 67,58 | 1215,54 | 1208,45 | 1243,07 | 977,92 | 981,51 | 1042,75 |
| 67,67 | 1215,62 | 1208,52 | 1243,17 | 978,04 | 981,60 | 1042,94 |
| 67,75 | 1215,68 | 1208,58 | 1243,28 | 978,17 | 981,69 | 1043,13 |
| 67,83 | 1215,75 | 1208,64 | 1243,39 | 978,30 | 981,78 | 1043,31 |
| 67,92 | 1215,84 | 1208,71 | 1243,49 | 978,43 | 981,87 | 1043,50 |
| 68,00 | 1215,94 | 1208,77 | 1243,60 | 978,56 | 981,96 | 1043,69 |
| 68,08 | 1216,03 | 1208,84 | 1243,70 | 978,68 | 982,05 | 1043,87 |
| 68,17 | 1216,13 | 1208,90 | 1243,81 | 978,81 | 982,14 | 1044,06 |
| 68,25 | 1216,23 | 1208,96 | 1243,91 | 978,94 | 982,23 | 1044,24 |
| 68,33 | 1216,34 | 1209,03 | 1244,02 | 979,06 | 982,32 | 1044,43 |
| 68,42 | 1216,44 | 1209,09 | 1244,12 | 979,19 | 982,40 | 1044,61 |
| 68,50 | 1216,52 | 1209,15 | 1244,22 | 979,32 | 982,49 | 1044,80 |
| 68,58 | 1216,58 | 1209,22 | 1244,32 | 979,44 | 982,58 | 1044,98 |
| 68,67 | 1216,66 | 1209,28 | 1244,43 | 979,57 | 982,66 | 1045,17 |
| 68,75 | 1216,76 | 1209,34 | 1244,53 | 979,70 | 982,75 | 1045,35 |
| 68,83 | 1216,86 | 1209,40 | 1244,63 | 979,82 | 982,84 | 1045,53 |
| 68,92 | 1216,95 | 1209,47 | 1244,73 | 979,95 | 982,93 | 1045,71 |
| 69,00 | 1217,01 | 1209,53 | 1244,83 | 980,08 | 983,02 | 1045,89 |
| 69,08 | 1217,08 | 1209,59 | 1244,93 | 980,20 | 983,10 | 1046,06 |
| 69,17 | 1217,17 | 1209,65 | 1245,03 | 980,33 | 983,19 | 1046,24 |
| 69,25 | 1217,27 | 1209,71 | 1245,13 | 980,46 | 983,27 | 1046,42 |
| 69,33 | 1217,37 | 1209,77 | 1245,23 | 980,58 | 983,36 | 1046,59 |
| 69,42 | 1217,47 | 1209,84 | 1245,34 | 980,71 | 983,45 | 1046,77 |
| 69,50 | 1217,55 | 1209,90 | 1245,43 | 980,83 | 983,54 | 1046,94 |
| 69,58 | 1217,60 | 1209,96 | 1245,53 | 980,96 | 983,62 | 1047,11 |
| 69,67 | 1217,69 | 1210,03 | 1245,63 | 981,09 | 983,71 | 1047,29 |
| 69,75 | 1217,78 | 1210,09 | 1245,73 | 981,22 | 983,80 | 1047,46 |
| 69,83 | 1217,88 | 1210,15 | 1245,83 | 981,35 | 983,88 | 1047,63 |
| 69,92 | 1217,95 | 1210,20 | 1245,92 | 981,48 | 983,97 | 1047,80 |
| 70,00 | 1218,02 | 1210,27 | 1246,02 | 981,61 | 984,05 | 1047,97 |
| 70,08 | 1218,12 | 1210,33 | 1246,12 | 981,74 | 984,14 | 1048,14 |
| 70,17 | 1218,21 | 1210,38 | 1246,21 | 981,87 | 984,22 | 1048,31 |
| 70,25 | 1218,26 | 1210,44 | 1246,31 | 982,00 | 984,31 | 1048,49 |
| 70,33 | 1218,34 | 1210,51 | 1246,41 | 982,13 | 984,39 | 1048,65 |
| 70,42 | 1218,43 | 1210,56 | 1246,51 | 982,25 | 984,47 | 1048,82 |

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 70,50 | 1218,53 | 1210,61 | 1246,60 | 982,38 | 984,56 | 1048,99 |
| 70,58 | 1218,59 | 1210,67 | 1246,70 | 982,51 | 984,64 | 1049,16 |
| 70,67 | 1218,66 | 1210,73 | 1246,79 | 982,63 | 984,73 | 1049,33 |
| 70,75 | 1218,74 | 1210,78 | 1246,89 | 982,76 | 984,81 | 1049,50 |
| 70,83 | 1218,84 | 1210,83 | 1246,99 | 982,89 | 984,90 | 1049,67 |
| 70,92 | 1218,93 | 1210,90 | 1247,08 | 983,01 | 984,98 | 1049,84 |
| 71,00 | 1218,98 | 1210,95 | 1247,18 | 983,14 | 985,06 | 1050,00 |
| 71,08 | 1219,05 | 1211,00 | 1247,27 | 983,27 | 985,15 | 1050,17 |
| 71,17 | 1219,15 | 1211,05 | 1247,37 | 983,39 | 985,23 | 1050,34 |
| 71,25 | 1219,24 | 1211,12 | 1247,47 | 983,52 | 985,32 | 1050,51 |
| 71,33 | 1219,31 | 1211,17 | 1247,56 | 983,64 | 985,40 | 1050,67 |
| 71,42 | 1219,37 | 1211,22 | 1247,66 | 983,77 | 985,49 | 1050,84 |
| 71,50 | 1219,46 | 1211,27 | 1247,75 | 983,89 | 985,57 | 1051,01 |
| 71,58 | 1219,55 | 1211,32 | 1247,85 | 984,02 | 985,65 | 1051,17 |
| 71,67 | 1219,62 | 1211,38 | 1247,94 | 984,14 | 985,74 | 1051,34 |
| 71,75 | 1219,68 | 1211,44 | 1248,03 | 984,27 | 985,82 | 1051,51 |
| 71,83 | 1219,76 | 1211,49 | 1248,13 | 984,39 | 985,90 | 1051,67 |
| 71,92 | 1219,85 | 1211,56 | 1248,22 | 984,52 | 985,98 | 1051,84 |
| 72,00 | 1219,93 | 1211,64 | 1248,32 | 984,64 | 986,07 | 1052,01 |

APÊNDICE D - Medidas do Calor Específico em Função da Temperatura

Conforme já descrito na Metodologia deste trabalho, o calor específico de cada material constituinte das pastas foi obtido empregando a técnica de calorimetria diferencial de varredura (DSC). Para isso foi utilizado um calorímetro diferencial analítico *Perkin Elmer modelo DSC8000* previamente calibrado com safira.

Os valores estão na seguinte tabela.

| CPIII-40 RS | | CPV-ARI | | CLÍNQUER | | AREIA | | | | | | | | | |
|-------------|------------|---------|------------|----------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|
| T (°C) | c (J/g.°C) | T (°C) | c (J/g.°C) | T (°C) | c (J/g.°C) | T (°C) | c (J/g.°C) | T (°C) | c (J/g.°C) | T (°C) | c (J/g.°C) | T (°C) | c (J/g.°C) | T (°C) | c (J/g.°C) |
| 20,02 | 0,60 | 20,01 | 0,59 | 20,00 | 0,63 | 20,00 | 0,83 | 30,13 | 0,84 | 40,29 | 0,84 | 50,45 | 0,85 | 60,62 | 0,88 |
| 21,33 | 0,60 | 21,32 | 0,59 | 21,32 | 0,64 | 20,26 | 0,83 | 30,40 | 0,83 | 40,55 | 0,84 | 50,71 | 0,85 | 60,89 | 0,88 |
| 22,72 | 0,60 | 22,71 | 0,59 | 22,71 | 0,64 | 20,54 | 0,83 | 30,68 | 0,83 | 40,82 | 0,84 | 50,99 | 0,85 | 61,17 | 0,88 |
| 24,11 | 0,60 | 24,09 | 0,60 | 24,09 | 0,64 | 20,82 | 0,83 | 30,95 | 0,84 | 41,10 | 0,84 | 51,27 | 0,85 | 61,45 | 0,88 |
| 25,49 | 0,60 | 25,48 | 0,60 | 25,48 | 0,65 | 21,09 | 0,82 | 31,23 | 0,83 | 41,38 | 0,84 | 51,55 | 0,85 | 61,73 | 0,88 |
| 26,81 | 0,60 | 26,80 | 0,61 | 26,80 | 0,65 | 21,35 | 0,82 | 31,50 | 0,83 | 41,65 | 0,84 | 51,81 | 0,85 | 61,99 | 0,88 |
| 26,88 | 0,61 | 26,86 | 0,61 | 26,86 | 0,65 | 21,37 | 0,82 | 31,51 | 0,83 | 41,65 | 0,84 | 51,83 | 0,85 | 62,00 | 0,88 |
| 26,94 | 0,61 | 26,93 | 0,61 | 26,93 | 0,65 | 21,38 | 0,82 | 31,52 | 0,83 | 41,68 | 0,84 | 51,84 | 0,85 | 62,01 | 0,88 |
| 29,06 | 0,62 | 29,05 | 0,61 | 29,05 | 0,66 | 21,80 | 0,82 | 31,95 | 0,83 | 42,10 | 0,84 | 52,26 | 0,85 | 62,44 | 0,88 |
| 30,64 | 0,62 | 30,63 | 0,61 | 30,63 | 0,66 | 22,13 | 0,82 | 32,26 | 0,83 | 42,41 | 0,85 | 52,58 | 0,85 | 62,76 | 0,88 |
| 31,50 | 0,62 | 31,49 | 0,61 | 31,49 | 0,66 | 22,30 | 0,82 | 32,43 | 0,83 | 42,58 | 0,85 | 52,75 | 0,86 | 62,94 | 0,88 |
| 32,56 | 0,62 | 32,54 | 0,61 | 32,54 | 0,66 | 22,51 | 0,83 | 32,64 | 0,83 | 42,80 | 0,84 | 52,97 | 0,86 | 63,14 | 0,87 |
| 33,55 | 0,63 | 33,54 | 0,62 | 33,53 | 0,67 | 22,70 | 0,82 | 32,84 | 0,83 | 43,00 | 0,85 | 53,16 | 0,86 | 63,34 | 0,88 |
| 34,54 | 0,63 | 34,53 | 0,62 | 34,53 | 0,67 | 22,90 | 0,82 | 33,04 | 0,83 | 43,20 | 0,85 | 53,36 | 0,86 | 63,54 | 0,88 |
| 36,05 | 0,63 | 36,04 | 0,62 | 36,04 | 0,67 | 23,21 | 0,82 | 33,34 | 0,83 | 43,49 | 0,85 | 53,67 | 0,86 | 63,84 | 0,88 |
| 38,04 | 0,64 | 38,03 | 0,63 | 38,03 | 0,68 | 23,60 | 0,83 | 33,74 | 0,84 | 43,89 | 0,84 | 54,06 | 0,87 | 64,25 | 0,88 |
| 40,03 | 0,65 | 40,01 | 0,64 | 40,01 | 0,69 | 24,00 | 0,83 | 34,13 | 0,83 | 44,29 | 0,85 | 54,46 | 0,86 | 64,64 | 0,89 |
| 42,01 | 0,66 | 42,00 | 0,64 | 42,00 | 0,69 | 24,40 | 0,83 | 34,53 | 0,83 | 44,68 | 0,84 | 54,85 | 0,87 | 65,05 | 0,89 |
| 44,05 | 0,67 | 44,05 | 0,65 | 44,05 | 0,70 | 24,80 | 0,82 | 34,94 | 0,83 | 45,10 | 0,84 | 55,27 | 0,86 | 65,45 | 0,89 |
| 46,30 | 0,68 | 46,30 | 0,66 | 46,29 | 0,71 | 25,25 | 0,83 | 35,39 | 0,83 | 45,55 | 0,84 | 55,72 | 0,86 | 65,90 | 0,89 |
| 47,50 | 0,68 | 47,49 | 0,66 | 47,49 | 0,71 | 25,49 | 0,83 | 35,63 | 0,83 | 45,79 | 0,84 | 55,96 | 0,86 | 66,14 | 0,89 |
| 49,28 | 0,70 | 49,28 | 0,67 | 49,28 | 0,72 | 25,84 | 0,82 | 35,98 | 0,83 | 46,14 | 0,84 | 56,32 | 0,86 | 66,50 | 0,90 |
| 50,28 | 0,70 | 50,27 | 0,67 | 50,27 | 0,73 | 26,04 | 0,82 | 36,18 | 0,83 | 46,34 | 0,85 | 56,52 | 0,86 | 66,70 | 0,89 |
| 52,00 | 0,71 | 51,99 | 0,68 | 51,99 | 0,73 | 26,38 | 0,83 | 36,53 | 0,84 | 46,68 | 0,84 | 56,86 | 0,87 | 67,05 | 0,89 |
| 54,05 | 0,72 | 54,05 | 0,69 | 54,05 | 0,74 | 26,80 | 0,82 | 36,94 | 0,83 | 47,09 | 0,84 | 57,27 | 0,87 | 67,45 | 0,90 |
| 55,51 | 0,73 | 55,50 | 0,69 | 55,50 | 0,75 | 27,08 | 0,82 | 37,23 | 0,84 | 47,39 | 0,84 | 57,56 | 0,87 | 67,75 | 0,89 |
| 57,04 | 0,74 | 57,03 | 0,70 | 57,03 | 0,75 | 27,39 | 0,82 | 37,54 | 0,84 | 47,69 | 0,84 | 57,86 | 0,88 | 68,05 | 0,89 |
| 59,10 | 0,75 | 59,08 | 0,71 | 59,08 | 0,76 | 27,80 | 0,82 | 37,94 | 0,84 | 48,10 | 0,85 | 58,28 | 0,87 | 68,46 | 0,90 |
| 61,02 | 0,76 | 61,00 | 0,72 | 61,00 | 0,77 | 28,18 | 0,83 | 38,32 | 0,84 | 48,49 | 0,84 | 58,67 | 0,88 | 68,85 | 0,90 |
| 63,00 | 0,77 | 62,99 | 0,72 | 62,99 | 0,78 | 28,58 | 0,82 | 38,72 | 0,84 | 48,89 | 0,84 | 59,06 | 0,88 | 69,25 | 0,90 |
| 64,53 | 0,78 | 64,52 | 0,73 | 64,52 | 0,78 | 28,88 | 0,83 | 39,03 | 0,84 | 49,19 | 0,85 | 59,37 | 0,87 | 69,55 | 0,90 |
| 66,06 | 0,78 | 66,05 | 0,74 | 66,05 | 0,79 | 29,19 | 0,83 | 39,33 | 0,84 | 49,49 | 0,85 | 59,68 | 0,88 | 69,85 | 0,90 |
| 68,05 | 0,80 | 68,03 | 0,75 | 68,04 | 0,80 | 29,58 | 0,83 | 39,73 | 0,84 | 49,89 | 0,85 | 60,07 | 0,87 | 70,26 | 0,90 |
| 70,04 | 0,81 | 70,03 | 0,77 | 70,03 | 0,81 | 29,98 | 0,84 | 40,13 | 0,84 | 50,28 | 0,85 | 60,46 | 0,87 | 70,65 | 0,90 |
| 70,44 | 0,82 | 70,42 | 0,77 | 70,43 | 0,81 | 30,05 | 0,84 | 40,21 | 0,84 | 50,37 | 0,85 | 60,55 | 0,87 | 70,73 | 0,91 |
| 70,70 | 0,82 | 70,69 | 0,77 | 70,69 | 0,81 | 30,10 | 0,84 | 40,26 | 0,84 | 50,43 | 0,85 | 60,60 | 0,88 | 70,83 | 0,92 |

APÊNDICE E – Valores da Análise de Vicat

| Amostras | Tempos de Pega | |
|-----------------------------|----------------|-------------|
| | Início (min) ■ | Fim (min) ▲ |
| CPV-REF_01 | 218 | 274 |
| CPV-REF_02 | 204 | 265 |
| CPV-REF_03 | 213 | 264 |
| Média (min) | 212 | 268 |
| Desvio Padrão (min) | 7 | 6 |
| Coeficiente de Variação (%) | 3,4 | 2,1 |
| CPV-NTC01_01 | 213 | 245 |
| CPV-NTC01_02 | 206 | 240 |
| CPV-NTC01_03 | 223 | 255 |
| Média (min) | 214 | 247 |
| Desvio Padrão (min) | 9 | 8 |
| Coeficiente de Variação (%) | 4,0 | 3,1 |
| CPV-NTC03_01 | 227 | 265 |
| CPV-NTC03_02 | 232 | 278 |
| CPV-NTC03_03 | 232 | 263 |
| Média (min) | 230 | 269 |
| Desvio Padrão (min) | 3 | 8 |
| Coeficiente de Variação (%) | 1,3 | 3,0 |
| CPIII-REF_01 | 337 | 364 |
| CPIII-REF_02 | 337 | 374 |
| CPIII-REF_03 | 335 | 372 |
| Média (min) | 336 | 370 |
| Desvio Padrão (min) | 1 | 5 |
| Coeficiente de Variação (%) | 0,3 | 1,4 |
| CPIII-NTC01_01 | 304 | 336 |
| CPIII-NTC01_02 | 305 | 334 |
| CPIII-NTC01_03 | 307 | 326 |
| Média (min) | 305 | 332 |
| Desvio Padrão (min) | 2 | 5 |
| Coeficiente de Variação (%) | 0,5 | 1,6 |
| CPIII-NTC03_01 | 300 | 353 |
| CPIII-NTC03_02 | 295 | 338 |
| CPIII-NTC03_03 | 295 | 345 |
| Média (min) | 297 | 345 |
| Desvio Padrão (min) | 3 | 8 |
| Coeficiente de Variação (%) | 1,0 | 2,2 |