



## MINUTA DE ATA

### ABNT/CE-002:123.010 – Comissão de Estudo de Alvenaria Estrutural

**Ata da 3ª Reunião/2017**

**DATA:** 29.10.2018

**INÍCIO:** 18h00min

**TÉRMINO:** 20h00min

**LOCAL:** UNICAMP - Auditório FEC - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.  
Rua Saturnino de Brito, 224 - CEP: 13083-889 - Campinas, SP.

**COORDENADOR:** Guilherme Aris Parsekian

**SECRETÁRIO:** Bruno Borges Frasson

## 1 PARTICIPANTES

### 1.1 PRESENTES

**Classe de Partes Interessadas:** (1) Produtor; (2) Consumidor Intermediário; (3) Consumidor Final; (4) Órgãos Técnicos; (5) Fornecedor de Insumos; (6) Órgão Regulador/Regulamentador/Acreditador; (7) Organismo de Avaliação da Conformidade; (8) Fornecedor do Serviço; (9) Empresa de Capacitação; (10) Empresa onde o sistema será implantado; (11) Empresa implantadora do sistema; (12) Pessoas objeto da qualificação; (13) Empresa que fornece a mão de obra; (14) Empresa que utiliza a mão de obra.

**MPE:** Micro e Pequena Empresa

Entidade	Participante	Classe	MPE
ACERVIR	Sandro R. Silveira	5	
André Muller Engenharia	André Luiz Muller	8	X
ANICER	Bruno Borges Frasson	5	
Arq. Est Consultoria e Projetos Ltda	Marcio Santos Faria	8	X
Arq. Est Consultoria e Projetos Ltda	Rafael Janeiro de Almeida	8	X
Arq. Est Consultoria e Projetos Ltda	Frederico Mendonça Rodrigues	8	X
Autônomo	Caio Vinicius A. de Souza	3	
Autônomo	Caroline Marção Wolf de Goes	3	
Autônomo	Constantino Bueno Frollini	5	
Escritório Técnico JR Andrade SS Ltda	Renata da Silva Menezes	8	
Escritório Técnico JR Andrade SS Ltda	José Roberto Leme de Andrade Filho	8	X
Escritório Técnico JR Andrade SS Ltda	Mateus Ortigosa Cunha	8	X
FAC	Guilherme da Silva Araujo	9	
GAI	Jorge T. Gai	5	
Instituto de Engenharia SP	Ana Paula de Camargo Kinoshita	4	X
LAF Engenharia	Andreia Romero Fanton	10	X
MC Projetos	Marcio Conte	8	X
MMC Projetos	Marcus Daniel Friederich do Santos	8	X
Pedreira Engenharia	Fabiana Cristina Mamede	8	



Somma Cálculo Estrutural	Rangel Costa Lage	8	X
STENG	Abrão Selem Neto	8	X
TQS	Francisco Quim	4	X
UFPE	Edmilson Raimundo de Oliveira Júnior	4	
UFRN	Joel Araújo do Nascimento	9	
UFSCAR	Guilherme A. Parsekian	4	
UFSCAR	Wallisson Angelim Medeiros	4	X
UFSCAR	Jadson da Silva Barobosa	4	
UFSCAR	Cleber Eduardo Fernandes Leal	4	
UFSCAR	Adalberto de Oliveira Júnior	4	
UFSCAR	Gustavo Sipp	4	
UFSCAR	Ricardo Luiz Canato	4	
UFSCAR	Jairo Borges Ferreira Júnior	4	
UFSM	Elinor Fernando Dalla Lana	4	
UNESC	Elaine Guglielmi Pavei Antunes	4	
UNICAMP	Armando Lopes Moreno Jr.	6	
UNICAMP	Carla Neves Costa	4	X
UNICAMP	Manuella de Oliveira Saldanha	4	
USP	Luiz Sergio Franco	4	
USP	Rafael Henrique Dupim	4	
USP	Mariane Filiagi Pastore	4	
USP	Paulo Roberto de Oliveira Carvalho	4	
USP	José Anchieta Damasceno Fernandes Neto	4	
USP	Davi Fagundes Leal	4	
Wendler Projetos	Arnoldo Wendler	8	

## 1.2 AUSENTES JUSTIFICADOS

Entidade	Participante
Inspectio Engenharia	Marcelo Fernandes Pereira
Sinduscon-Rio	Lydio dos S. Bandeira de Mello

## 1.3 CONVIDADOS

Ver Anexo A.

---

## 2 EXPEDIENTE

Enviados os convites para a 3ª reunião de 2018 desta ABNT/CE-002:123.010 – Comissão de Estudo de Alvenaria Estrutural.

---

Sr. Bruno Frasson, secretário da ABNT/CE-002:123.010, fez a abertura oficial dando boas-vindas a todos os participantes, falou sobre o histórico da norma, iniciado o trabalho de unificação através ABNT CEE-179, unificação das normas de alvenaria estrutural (cerâmica e concreto), e ainda da revisão e elaboração das partes 1, 2, 3. As mesmas foram finalizadas pela comissão no início do



ano e enviadas à ABNT, no entanto a CE recebeu retorno apenas na semana anterior a esta reunião. O secretário falou ainda sobre a consulta realizada à comissão por e-mail sobre o item 11.3.5 Seções com armaduras isoladas (flexão em plano perpendicular ao do elemento) do PN 002:123.010-001/1, antes da Consulta Nacional. 100% das manifestações foram favoráveis a alteração, a comissão também não se manifestou contrariamente durante a reunião. Os seguintes membros manifestaram-se por e-mail:

Entidade	Participante
Arco	Luiz Sérgio
UFMG	Roberto Márcio da Silva
TQS	Francisco Quim
ABECE	Jefferson Dias de Souza Junior
FEC Unicamp	Luiz Carlos de Almeida
SINDUSCON-RIO	Lydio dos S. Bandeira de Mello
-	Ronaldo Duarte
PUC-GO	Rodrigo Carvalho da Mata
Cer. City	Vanderlei Lopes
UFRN	Joel Araújo do Nascimento Neto
MMC Projetos	Marcus Daniel Santos

### 3 ASSUNTOS TRATADOS

#### **Início da elaboração do TEXTO-BASE 002:123.010-001/4 - Alvenaria Estrutural – Parte 4: Estrutura em Situação de Incêndio.**

O coordenador, Sr. Guilherme Parsekian apresentou um Texto Base inicial elaborado pelo mesmo com apoio dos Srs. Wallisson Medeiros (UFSCAR) e Armando Moreno Jr. (UNICAMP). A seguir foi levantado junto à comissão os pontos a serem discutidos para elaboração efetiva do texto e que precisam ser discutidos com maior profundidade. Os pontos previamente levantados foram os seguintes:

- Critérios mínimos de parâmetros de bloco e argamassa para poder utilizar o Método Tabular;
- Para poder considerar revestimento, quais são os critérios mínimos, existência de chapisco, características da argamassa, qual aderência?;
- ACI muito conservador;
- Não levar em conta forma do prédio, questões de fumaça, estanqueidades de aberturas etc., norma deve deixar claro que o escopo é estabilidade (estrutural);
- TRRF para prédio industrial é completamente diferente, curva de incêndio diferente;



- O TRF calculado a partir do Método Tabular pode ser estendido para edifícios industriais?
  - A norma vai tratar de edifícios industriais?
  - Os atenuantes para definição do TRRF devem estar descritos no projeto? Não, mas deve informar o TRF.
  - A tabela do Eurocode serve para NBR?
  - Método por ensaio? Preciso de ensaio com carregamento similar. Carga com combinação ELU excepcional? Isolamento, estanqueidade ok. Resistência precisa verificar.
  - Limite ITT 100 kN/m | Limite IPT 120 kN/m;
  - Qual limitação em termo de esbeltez do ensaio? Só aceita mesma condição de esbeltez e vinculações.
  - NBRs aceitas... Aceitação mínima do laboratório?
  - Até que condição o ensaio pode ser extrapolado para mais de um fabricante? O que aferir? Dimensões do bloco, geometria, resistência, agregados, densidade do bloco, argamassa (resistência, materiais constituintes, aderência?)
  - NBR não estabelece carregamento. Como impor o valor do carregamento se a NBR não indica?
  - Método Tabular:
    - por princípio usar especificações do Eurocode
    - existe limitação de fbk ...
    - como resolver edifícios altos?
  - Armadura cobertura, o que é? definir espessura equivalente para bloco cerâmico?
  - Uma sugestão seria usar as especificações da NBR, criando espessura equivalente, porém não existe estudo anterior sobre isso;
  - Verificar tabelas AS e qual foi o cobertura;
  - Blocos preenchidos?
  - Utilizar ACI para criar tabela brasileira equivalente;
  - Preocupação de armadura, se pegar fogo no edifício é necessário avaliar e reforçar. Idem para a questão da aderência do graute com bloco (pós fogo);
  - Tijolo maciço.
-



#### 4 OUTROS ASSUNTOS

O secretário, Bruno Frasson informou que os representantes de empresas ou entidades devem apresentar obrigatoriamente uma Carta de Representação indicando-os como tal, do contrário, serão considerados autônomos. Será enviada um modelo por e-mail.

---

#### 5 PRÓXIMAS REUNIÕES

**Data:** 04/12/2017

**Horário:** 09:00 às 17:00

**Local:** UNICAMP - FEC - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Rua Saturnino de Brito, 224 – CEP: 13083-889 - Campinas, SP.

**Pauta:**

- Leitura e aprovação da minuta de ata da 3ª reunião de 2018;
  - Continuação da elaboração do TEXTO-BASE 002:123.010-001/4 - Alvenaria Estrutural – Parte 4: Estrutura em Situação de Incêndio;
  - Tópicos previstos para discussão:
    - Definição do escopo;
    - Normas citadas;
    - Termos e definições;
    - Critério de aceitação do Método de Ensaio;
    - Incluir sugestão do Método Tabular;
-



## Anexo A

### Relação de convidados

Entidade	E-mail
ABCP	claudio.silva@abcp.org.br
ABECE	jdsprojetos@uol.com.br
ABECE	secretariaexecutiva@abece.com.br
ABNT/CB-002	CB002@sindusconsp.com.br
ABNT/CB-018	cb-18@abcp.org.br
ABNT/CEE-094	dan.luccas@terra.com.br
ABRAIN	flaviop@mrv.com.br
ABRAMAT	laura@abramat.org.br
ABRINSTAL	assistentejp@abrinстал.org.br
ACERTAR	fgmalavasi@acertar.org.br
ACERVIR	diretoria@ceramicapalmadeouro.com.br
ACERVIR	gerencia.acervir@acervir.com.br
ANAMACO	r.morel@anamaco.com.br
ANICER	natel_moraes@hotmail.com
ANICER	coordenacao@anicer.com.br
ANICER	redacao@anicer.com.br
ANICER	presidencia@anicer.com.br
ANICER	cb179@abnt.org.br
Anicer	psq@anicer.com.br
Arco Assessoria	ckamei@arco.eng.br
Argibem	luislima@argibem.com.br
ArqEst Consultoria e Projetos	arq.est.ae@gmail.com
Antonino Pereira dos Santos	antonino.santos@hotmail.com
Murilo Blanco Mello	murilo.mello@htb.eng.br
Cassio Moraes Jacomin	cassiomjn@hotmail.com
Gelson Jesus	gelson.jesus@htb.eng.br
Sylvio Leopoldo de Macambira Barbosa	sylvioImbarbosa@gmail.com
Avilla Consultoria e Projetos	avillajovair@gmail.com
Avilla Consultoria e Projetos	avillavinicius@hotmail.com
Bloco Brasil	blocobrasil@blocobrasil.com.br
Bloco Brasil	blocobrasil@gmail.com
Burson-Marsteller	thais.simoes@bm.com
Burson-Marsteller	beatriz.turella@bm.com
BVA Projetos	breno.vinicius@gmail.com
Caixa Econômica Federal	fabricia.oliveira@caixa.gov.br
Caixa Econômica Federal	julio.b.magalhaes@caixa.gov.br
CAU	daniela.demartini@caubr.gov.br
CAU	joao.moreira@caubr.gov.br
CAU/SP	carlos.pupo@causp.gov.br
CBIC	gant@cbic.org.br
CCB	anapaula@ccb.org.br



CEFET/RJ	marinabrochado@gmail.com
Cerâmica Barro Belo	daniel@barrobello.com
Cerâmica City	luiza@ceramicacity.com.br
Cerâmica City	vanderlei@ceramicacity.com.br
Cerâmica City	constan@ceramicacity.com.br
Cerâmica City Ltda	neto@ceramicacity.com.br
Cerâmica Ermida	leticia@ceramicaermida.com.br
Cerâmica Gresca	marcelo@gresca.com.br
Cerâmica Jacarandá	rodrigo@jacarandanet.com.br
Cerâmica Parapuan	ralph@parapuan.com.br
Cerâmica Salema	joaoneto@ceramicasalema.com.br
Cerâmica Santa Izabel	bformenon@ceramicasantaizabel.com.br
Cerâmica Volpiso	gerencia@volpiso.com.br
Construrohr	felipe@construrohr.com.br
Construrohr	tiago.pies@construrohr.com.br
Cury Construtora	cristiano.morais@cury.net
Cury Construtora	lgbenguigui@cury.net
Ernesto Silva Fortes	ernestofortes@hotmail.com
Fernandes & Grossi Engenharia	marcus@fernandesgrossi.com.br
Flaka Consultoria	leonardo.flaka@gmail.com
FUNDACER	consultor5@fundacer.org.br
Gafisa	jessica.roese88@gmail.com
Glasser	lima@glasser.com.br
Grupo Estrutural	matheus.fioramonte@grupoestrutural.com.br
Grupo FCC (Massa Dundun)	claudio.stabile@fcc.com.br
HM Engenharia	elaine.melo@hmengenharia.com.br
HM Engenharia	erica.veno@hmengenharia.com.br
HM Engenharia	mauricio.chagas@hmengenharia.com.br
HM Engenharia	caio.ponciano@hmengenharia.com.br
HM Engenharia	henriquebrendiks@hmengenharia.com.br
HM Engenharia	claudia.nunes@hmengenharia.com.br
INMETRO	rfchamusca@Inmetro.gov.br
Inspectio Engenharia	mfpereiraengenharia@gmail.com
Instituto Falcão Bauer	costa_ac@hotmail.com
IPT	aluisios@ipt.br
IPT	lcs@ipt.br
IPT	ethomaz@ipt.br
IPT	frcleto@ipt.br
ITEP	carlositep@gmail.com
JR Andrade	beto@jrandrade.eng.br
L. Prado Gestão de Projetos	lucianaprado@terra.com.br
Laureate - FMU	michael.santos@fmu.br
LF Engenharia	deiafanton@gmail.com
MC Projetos	marcio@mcprojetos.eng.br
MMC Projetos e Consultoria	marcus@mmcprojetos.com.br





Pauluzzi Produtos Cerâmicos	germano@pauluzzi.com.br
Pedreira	augusto@pedreira.eng.br
Pedreira Engenharia	fabiana@pedreira.eng.br
Pierre Engenharia	pierre.engenharia@gmail.com
Plenus Construtora	mario@plenusconstrutora.com
Produtech	marioprodutech@gmail.com
Produtech	waldemir@produtech.eng.br
PUC Goiás	rcmata1@gmail.com
RJZ Cyrela	rodrigobordalo@rjzcyrela.com.br
RJZ Cyrela	alexandre@cyrela.com.br
RJZ Cyrela	diegoalves@rjzcyrela.com.br
Selecta Blocos	antrodson@hotmail.com
Selecta Blocos	labselecta@selectablocos.com.br
Selecta Blocos	jonatas.almeida@selectablocos.com.br
Senai - Criciúma/SC	aurea@sc.senai.br
Senai - DN	dyanna.tavares@dn.senai.br
Senai/AM	francis.aquino@am.senai.br
Senai/RJ - Três Rios	tguirau@firjan.org.br
Senai/RJ - Três Rios	ludlopes@firjan.com.br
SENAI/RS	luiz.bosi@senairs.org.br
SENAI/SC Rio do Sul	gabriela.bertaco@sc.senai.br
SENAI/SP	robson.pereira@sp.senai.br
SENAI/SP - SBC	carlos.cardoso@sp.senai.br
Sindicer Morro da Fumaça e Região/SC	presidencia@sindicermf.com.br
Sindicer/CE	sindceramica-ce@sfipec.org.br
Sindicer/MG	sindicer@fiemg.com.br
Sindicer/MG	beatriz.menesan@gmail.com
Sindicer/PE	sindicer@fiepe.org.br
Sindicer/RJ	presidente@sindicer-rj.org.br
Sindicer/RN	aanidio@gmail.com
Sindicer/RN	sindicer.rn@gmail.com
Sindicer/RS	argileu@ceramicasantantonio.com.br
Sindicer/RS	contato@sindicerrrs.org.br
SINDICERCON-SP	sindicercon-sp@wm.com.br
Sinduscom-VT	marcelodeconto@gmail.com
Sinduscom-VT	sinduscom_vt@yahoo.com.br
Sinduscon SP	gpadm@uol.com.br
Sinduscon/MG	assessoriatecnica@sinduscon-mg.org.br
Sinduscon-Rio	lydiobandeira@terra.com.br
Somma Cálculo Estrutural	rangel.lage@gmail.com
Steng Engenharia	abrao@steng.com.br
Steng Engenharia	fabricao@steng.com.br
Steng Engenharia	mauricio@steng.org.br
Tecnisa	villasboas@tecnisa.com.br
Tecno Logys	valerio@tecnologys.com.br





Tigre	monique.cigolini@tigre.com
TQS	francisco@tqs.com.br
UFAL	alexnlma@gmail.com
UFERSA	leonardo.oliveira@ufersa.edu.br
UFG	dlaraujo@ufg.br
UFMG	gregory@dees.ufmg.br
UFMG	rafaeldinizbrito@gmail.com
UFMG	ricardo.lanes@dees.ufmg.com.br
UFMG	roberto@dees.ufmg.br
UFRGS	angela.masuero@ufrgs.br
UFRGS	ronaldo53duarte@gmail.com
UFRN	joelneto@ct.ufrn.br
UFSCar	adrianacmbaptista@gmail.com
UFSCar	elvis.kasanga41@gmail.com
UFSCar	parsekian.ufscar@gmail.com
UFSCar	gsipp@hotmail.com
UFSCar	wamedeiros@hotmail.com
UFSM	gihad@ufsm.br
UFV	ritadecassia@ufv.br
UNESC	elainegpa@unesc.net
UNICAMP	almoreno@fec.unicamp.br
UNICAMP	helenaaalleite@gmail.com
UNICAMP	rosacclintz@ft.unicamp.br
UNICAMP	luisaagachet@gmail.com
UNICAMP	bendedettiv8@gmail.com
UNICAMP - FEC	almeida@fec.unicamp.br
UNISINOS ITTP	bftutikian@unisinos.br
UNISINOS ITTP	fernandapach@unisinos.br
UNIS-MG	faria@unis.edu.br
Universidade de Pernambuco (UPE)	acasado@poli.br
Universidade do Minho	pbl@civil.uminho.pt
Universidade Estadual de Londrina	morato@uel.br
Universidade Federal de Uberlândia	jdias@ufu.br
USP	csb@usp.br
USP	floliveira@usp.br
USP	franks.maia@gmail.com
USP	marcio.correa@usp.br
USP	vghaach@sc.usp.br
USP EPUSP	lsfranco@arco.eng.br
Wender Projetos	andre@wendlerprojetos.com.br
Wender Projetos	arnoldow@wendlerprojetos.com.br



**ABNT/CE-002:123.010 - PN 002:123.010-001/4 ALVENARIA  
ESTRUTURAL – PARTE 4: ESTRUTURA EM SITUAÇÃO  
DE INCÊNDIO  
OUTUBRO 2018**

## **Alvenaria estrutural – Parte 4: Estrutura em situação de incêndio**

### **APRESENTAÇÃO**

Este 1º Projeto foi elaborado pela Comissão CE-002:123.010 – Comissão de Estudo de Alvenaria Estrutural do Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-02), nas reuniões de:

29/10/2018		

- 1) Este 1º Projeto é previsto para cancelar e substituir a(s) XXXXXX, XXXXXX, quando aprovado, sendo que nesse ínterim as referidas normas continuam em vigor;
- 2) Baseado na(s) ABNT NBR 15812-1, ABNT NBR 15961-1,
- 3) Não tem valor normativo;
- 4) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória;
- 5) Este Projeto de Norma será diagramado conforme as regras de editoração da ABNT quando de sua publicação como Norma Brasileira.
- 6) Tomaram parte na elaboração deste Projeto:

Participante

Representante


## Alvenaria estrutural – Parte 4: Projeto de alvenaria estrutural em situação de incêndio

*Structural masonry – Part 4: Fire design*

### Sumário

#### Sumário

1	Escopo	3
2	Referências normativas	3
3	Termos e definições	4
3.1	incêndio padrão	4
3.2	resistência ao fogo	4
4	Símbolos e termos abreviados	4
5	Princípios e regras básicas	5
5.1	Geral	5
5.2	Valores de projeto das propriedades dos materiais	6
5.3	Métodos de cálculo	6
5.3.1	Geral	6
6	Procedimentos de projeto para determinação da resistência ao fogo de paredes de alvenaria	7
6.1	Informações gerais	7
6.2	Revestimento e acabamentos	7
6.3	Requisitos adicionais	7
6.4	Avaliação por ensaios	8
6.5	Avaliação pelo método tabular	8
6.5.1	Dimensionamento quanto ao critério (I) e (E)	8
6.5.2	Dimensionamento quanto ao critério (R)	12
6.6	Avaliação pelos métodos de Cálculo	13
	Anexo A (normativo) Método tabular	14
A.1		14
	Anexo B (normativo) Método simplificado de cálculo	16
B.1		16
B.2	Cálculo da excentricidade devido à variação de temperatura na alvenaria, $e_{\Delta\theta}$	17
B.3	Cálculo do fator de minoração da capacidade portante,	18
	Anexo C (informativo) Método avançado de cálculo	24
C.1		24
	Anexo D (normativo) Exemplos de ligações	25
D.1		25



## Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das Diretivas ABNT, Parte 2.

Esta norma é dividida em 5 partes:

- PN 002:123.010-001/1 - Alvenaria Estrutural – Parte 1: Projeto;
- PN 002:123.010-001/2 - Alvenaria Estrutural – Parte 2: Execução e Controle de Obras;
- PN 002:123.010-001/3 - Alvenaria Estrutural – Parte 3: Caracterização de Elementos;
- PN 002:123.010-001/4 - Alvenaria Estrutural – Parte 4: Estrutura em Situação de Incêndio;
- PN 002:123.010-001/5 - Alvenaria Estrutural – Parte 5: Projeto para Ações Sísmicas (a ser criado).

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

## Scope

*This Standard defines criteria for masonry structures fire design based on fire resistance requirements established by ABNT NBR 14432.*

*This standard also applies to the analysis of structural elements of masonry inserted into other structural systems.*

*This standard does not include mandatory requirements to avoid limit states generated by actions such as earthquakes, impacts and explosions.*

*This standard applies only to clay block and brick masonry and concrete block masonry.*

*For situations not covered by this standard or covered in a simplified way, the technical responsible for the design may use procedures or international standards accepted by the technological community, since the safety level defined by this standard is respected.*



## Alvenaria estrutural – Parte 4: Projeto de alvenaria estrutural em situação de incêndio

*Structural masonry – Part 4: Fire design*

### 1 Escopo

Esta parte da ABNT NBR XXXX estabelece os critérios de projeto para alvenaria estrutural em situação de incêndio e a forma de demonstrar o seu atendimento, conforme requisitos de resistência ao fogo estabelecidos na ABNT NBR 14432.

Esta parte da ABNT NBR XXXX também se aplica à análise do desempenho estrutural de elementos de alvenaria de inseridos em outros sistemas estruturais.

Esta parte da ABNT NBR XXXX não inclui requisitos exigíveis para evitar estados-limite gerados por ações como sismos, impactos e explosões.

Esta norma só é aplicável para alvenaria de blocos e tijolos cerâmicos e de blocos de concreto.

Para situações não cobertas por esta Norma ou cobertas de maneira simplificada, o responsável técnico pelo projeto pode usar procedimentos ou normas internacionais aplicáveis aceitos pela comunidade tecnocientífica, desde que demonstrado o atendimento ao nível de segurança previsto por esta Norma.

### 2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

*ABNT NBR 5628, Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo*

*ABNT NBR 6118, Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento*

*ABNT NBR 6120, Ações para o cálculo de estruturas de edificações*

*ABNT NBR 8681, Ações e segurança nas estruturas - Procedimento*

*ABNT NBR XXXX, Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto*

*ABNT NBR XXXX, Alvenaria estrutural – Parte 2: Execução e controle de obras*

*ABNT NBR XXXX, Alvenaria estrutural – Parte 3: Caracterização de elementos*

*ABNT NBR 10636, Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo – Método de ensaio*

*ABNT NBR 14432, Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento*

*ABNT NBR 15200, Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio*

*ABNT NBR 15575-4, Edificações habitacionais – Desempenho, Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações internas e externas*

*ACI/TMS 216.1-14 Code requirements for determining fire resistance of concrete and masonry construction assemblies*

AS 3700-17: *Masonry Structures*

EN 1996-1-2 (2005) - *Eurocode 6: Design of masonry structures - Part 1-2: General rules – Structural fire design*

### 3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições da ABNT NBR XXX-1 além dos seguintes:

#### 3.1

##### **incêndio padrão**

elevação padronizada de temperatura em função do tempo, definida na NBR 5628 e dada pela seguinte expressão:

$$\theta_g = \theta_o + 345 \log(8t + 1)$$

onde:  $t$  é o tempo expresso em minutos,  $\theta_o$  é a temperatura do ambiente antes do início do aquecimento em graus Celsius, geralmente tomada igual a 20°C, e  $\theta_g$  é a temperatura dos gases em graus Celsius no instante  $t$  considerado.

#### 3.2

##### **resistência ao fogo**

tempo durante o qual um elemento estrutural, estando sob a ação do incêndio padrão, não sofre colapso estrutural, não apresenta aquecimento excessivo da parte não exposta ao fogo e não apresenta fissuras que permitam a passagem de gases quentes ou chamas para o ambiente não exposto ao fogo.

### 4 Símbolos e termos abreviados

$a_k$  é outro fator que depende das condições de vinculação da parede;

$a_{vf}$  é um fator que depende das condições de vinculação da parede;

$H$  é a altura da parede;

$h_b$  é a altura do bloco;

$L$  é o comprimento da parede entre as faces laterais restringidas ou o comprimento de uma parede com travamento lateral em apenas uma de suas extremidades.

$l_b$  é o comprimento do bloco;

$S_{rf}$  é o índice de esbeltez da parede em situação de incêndio;

$t$  é a espessura total da parede.

$T_{ea}$  é a espessura equivalente de uma parede de alvenaria;

$T_e$  é a espessura equivalente do bloco;

$T_{ef}$  é a espessura equivalente do acabamento;

$V_n$  é o volume líquido do bloco.

## **5 Princípios e regras básicas**

### **5.1 Geral**

O comportamento da alvenaria estrutural em situação de incêndio depende do desempenho resistente a elevadas temperaturas de cada um de seus elementos (blocos, argamassa, eventual armadura e revestimento) isoladamente e em conjunto.

A resistência ao fogo é a capacidade de um elemento construtivo de resistir à ação do fogo, mantendo suas funções para as quais foi projetado durante determinado tempo. De modo geral, a estrutura deve obedecer a três critérios básicos de verificação:

- a) resistência mecânica (R), a estrutura não deverá alcançar a ruptura em situação de incêndio, com tensões atuantes inferiores às permitidas por normatização nacional em vigor, com esforços atuantes e resistentes resultantes da combinação de ações dita como excepcional;
- b) estanqueidade (E), em que não se deve apresentar trincas ou aberturas suficientes que permitam a passagem de gases quentes ou chamas;
- c) isolamento térmico (I), no qual não se deve apresentar um aumento de temperatura, na face não exposta, acima da temperatura inicial, superior em média a 140°C e em qualquer ponto a 180°C.

Os objetivos gerais da verificação de estruturas em situação de incêndio são: limitar o risco à vida humana, limitar o risco da vizinhança e da própria sociedade, limitar o risco da propriedade exposta ao fogo. Mais especificamente, os requisitos gerais de proteção contra incêndio compreende:

- reduzir o risco de incêndio;
- controlar o fogo em estágios iniciais;
- limitar a área exposta ao fogo (compartimentalização);
- criar rotas de fuga, facilitar a operação de combate ao incêndio;
- evitar ruína prematura da estrutura, permitindo a fuga dos usuários e as operações de combate ao incêndio.

Edificações de grande porte, sobretudo mais altas ou contendo maior carga de incêndio devem atender a exigências mais severas para cumprir com os requisitos gerais. Projetos que favoreçam a prevenção ou a proteção contra incêndio, em termos desses requisitos gerais, reduzindo o risco de incêndio ou sua propagação e especialmente facilitando a fuga dos usuários e a operação de combate, podem ter aliviadas as exigências em relação à resistência de sua estrutura ao fogo, conforme previsto na ABNT NBR 14432, ou seja, o método de tempo equivalente conforme detalhado no ANEXO X.

Os critérios básicos de verificação devem ser verificados sob combinações excepcionais de ações, no estado-limite último, de modo que aceitáveis plastificações e ruínas locais que não determinem colapso além do local. A ABNT NBR 14432 define, em função das características da construção e do uso da edificação, as ações que devem ser consideradas para representar a situação de incêndio.

Como plastificações, ruínas e até colapsos locais são aceitos, a estrutura só pode ser reutilizada após um incêndio se for vistoriada, tiver sua capacidade remanescente verificada e sua recuperação for projetada e executada. Essa recuperação pressupõe o atendimento de todas as capacidades últimas e de serviço exigidas para a condição de uso da estrutura antes da ocorrência do incêndio ou para uma eventual nova condição de uso, podendo eventualmente concluir que não existe necessidade de recuperação da estrutura.



## 5.2 Valores de projeto das propriedades dos materiais

Valores de projeto das propriedades mecânicas (resistência do material e deformação)  $X_{d,fi}$ , são definidos da seguinte forma:

$$X_{d,fi} = \frac{k_{\theta} X_k}{\gamma_{M,fi}}$$

onde:

$X_k$  é o valor característico da propriedade de resistência ou deformação do material (por exemplo:  $f_{pk}$ ) para o dimensionamento em temperatura normal, conforme ABNT NBR XXXX-1;

$k_{\theta}$  é o fator de redução para a propriedade de resistência ou deformação ( $X_{k,\theta} / X_k$ ), dependendo da temperatura do material;

$\gamma_{M,fi}$  é o fator de segurança para a propriedade material em situação de incêndio. Se um aumento da propriedade for favorável à segurança  $\gamma_{M,fi} = 1,0$ .

## 5.3 Métodos de cálculo

### 5.3.1 Geral

O modelo do sistema estrutural adotado para projeto na situação de incêndio deve refletir o desempenho esperado da estrutura em incêndio.

A análise da estrutura em situação de incêndio pode ser realizada usando um dos seguintes procedimentos:

- ensaios em laboratórios
- método tabular
- método analíticos simplificados
- modelos numéricos

Deve ser verificado para o TRRF da edificação  $S_{fi,d} \leq R_{fi,d}$

onde,

$S_{fi,d}$  é a solicitação de cálculo em situação de incêndio, determinada de acordo com ABNT NBR 8681, incluindo os efeitos de dilatação térmica e deformação.

$R_{fi,d}$  é a resistência de cálculo em situação de incêndio.

A análise estrutural para a situação normal deve ser realizada em conformidade com o ABNT NBR XXXX-1

As regras de aplicação dadas nesta Parte 4 são válidas apenas para a curva padrão de tempo-temperatura.

Os dados tabulados desta parte são baseados no *ACI/TMS 216.1-14* para os critérios de estanqueidade (E) e isolamento térmico (I); e no *AS 3700-17* para o critério de resistência (R).

Como alternativa de dimensionamento por cálculo, a resistência ao fogo pode ser baseada nos resultados dos ensaios em laboratórios, ou em ensaios em combinação com o cálculo.

## **6 Procedimentos de projeto para determinação da resistência ao fogo de paredes de alvenaria**

### **6.1 Informações gerais**

Para a proteção contra incêndios, é feita uma distinção entre paredes de vedação e paredes estruturais.

As paredes que incluem lintéis acima das aberturas devem ter pelo menos a mesma resistência ao fogo como se não houvesse lintel na parede.

Elementos de enrijecimento, como paredes transversais, pisos, vigas, colunas ou armações, devem ter pelo menos a mesma resistência ao fogo da parede.

NOTA: Se a avaliação mostrar que a falha dos elementos de enrijecimento em um lado da parede de incêndio não levaria a uma falha da parede de incêndio, os elementos de enrijecimento não precisam de resistência ao fogo.

Fatores adicionais a serem considerados para o projeto de incêndio são:

- o uso de materiais não-combustíveis;
- o efeito da reação ou expansão lateral de uma construção adjacente situada perto da parede de alvenaria;
- o efeito de deslocamento sobre uma parede, em um incêndio, de pilares e vigas próximos à parede.

### **6.2 Revestimento e acabamentos**

A resistência ao fogo das paredes de alvenaria pode ser aumentada pela aplicação de uma camada de acabamento de superfície adequado ou preenchimento dos furos verticais com material solto não combustível por exemplo:

- gesso de acordo com a norma XXXX;
- reboco com argamassa ou vermiculita de acordo com a norma XXXX;
- preenchimento dos furos verticais com areia, brita 0 ou brita 1, argila expandida, cinzas volantes expandidas, cinzas, perlita ou vermiculita.

### **6.3 Requisitos adicionais**

Qualquer parte de suporte ou enrijecimento de uma estrutura deve ter pelo menos a mesma resistência ao fogo que a estrutura suportada.

Pequenos produtos combustíveis incorporados em uma parede, podem ser ignorados na avaliação da resistência ao fogo.

Blocos de alvenaria contendo furos não devem ser colocadas de modo que os furos estejam em ângulo reto em relação à face da parede, isto é, a parede não deve ser atravessada pelos furos dos blocos.

Quando sistemas de isolamento térmico feitos de materiais isolantes são usados nas paredes, deve-se notar que:

- camadas de isolamento feitas de materiais combustível não aumentam a resistência ao fogo;
- camadas de isolamento feitas de materiais não combustíveis, ex. lã mineral ou espuma de vidro, pode ser usado em vez de um acabamento superficial adequado.

## 6.4 Avaliação por ensaios

Para todos os tipos de paredes de alvenaria, a resistência ao fogo pode ser obtida a partir de ensaios realizados em conformidade com as normas brasileiras vigentes.

Ensaio em paredes de alvenaria devem ser realizados se a resistência ao fogo da alvenaria a ser utilizada (bloco, tijolo, porcentagem de vazios, densidade, dimensão), tipo de argamassa (argamassa de uso geral, argamassa leve ou polimérica) ou a combinação de blocos e argamassa ainda não está disponível.

NOTA: Os valores de resistência ao fogo podem estar disponíveis em um banco de dados.

## 6.5 Avaliação pelo método tabular

### 6.5.1 Dimensionamento quanto ao critério (I) e (E)

A espessura equivalente de uma parede de alvenaria,  $T_{ea}$ , é a soma entre a espessura equivalente do bloco,  $T_e$ , e a espessura equivalente de seu acabamento,  $T_{ef}$ . Ou seja:

$$T_{ea} = T_e + T_{ef} \quad \text{Eq. 1}$$

onde:

$T_{ea}$  = espessura equivalente de uma parede de alvenaria;

$T_e$  = espessura equivalente do bloco;

$T_{ef}$  = espessura equivalente do acabamento;

A espessura equivalente do bloco é tomada como:

$$T_e = \frac{V_n}{l_b h_b} \quad \text{Eq. 2}$$

onde:

$V_n$  = volume líquido do bloco;

$l_b$  = comprimento do bloco;

$h_b$  = altura do bloco.

Em *paredes não grauteadas ou parcialmente grauteadas*, a espessura equivalente,  $T_e$ , deverá ser determinada pela Equação dada em Eq. 1, em função do volume líquido do bloco.

Em *construções totalmente grauteadas*, a espessura equivalente,  $T_e$ , deverá ser a própria espessura do bloco.

Em *blocos vazados preenchidos com material solto*, a espessura equivalente,  $T_e$ , deverá ser a própria espessura do bloco quando o material de preenchimento for areia, brita 0 ou brita 1, argila expandida, cinzas volantes expandidas, cinzas, perlita ou vermiculita.

Para os blocos de concreto que seguem as especificações da ABNT NBR 6136, suas espessuras equivalentes de acordo com a Eq. 2 são apresentadas na Tabela 1. Essas espessuras equivalentes são as menores possíveis.

**Tabela 1 – Espessuras equivalentes dos blocos brasileiros**

<b>BLOCOS DE CONCRETO (mm)</b>			
<b>Classe</b>	<b>Largura</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Esp. Equivalente<sup>1</sup></b>
A/B	190	390	88,2
A/B	140	390	67,3
A/B	140	290	73,3
C	190	390	57,3
C	140	390	50,4
C	140	290	55,4
C	115	390	46,9
C	115	240	53,8
C	115	365	47,7
C	90	390	43,5
C	90	290	46,1
C	65	390	34,0
<b>BLOCOS CERÂMICOS PAREDE VAZADA (mm)</b>			
<b>Classe</b>	<b>Largura</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Esp. Equivalente<sup>2</sup></b>
A/B	190	390	76,0
A/B	140	390	56,0
A/B	140	290	56,0
C	190	390	76,0
C	140	390	56,0
C	140	290	56,0
C	115	390	46,0
C	115	240	46,0
C	115	365	46,0
C	90	390	36,0
C	90	290	36,0
C	65	390	26,0

<sup>1</sup> Considerando o bloco prismático;

<sup>2</sup> Considerando 60% de vazios

Para o cálculo da espessura do acabamento,  $T_a$ , deve-se levar em conta se o mesmo se encontra na face exposta ao fogo ou na parte não exposta.

Quando o acabamento se encontra na face exposta ao fogo, a espessura equivalente da parede ( $T_{ea}$ ) será igual à espessura equivalente do bloco ( $T_e$ ). Seu tempo de resistência ao fogo, que pode ser observado na Tabela 2, deverá ser somado ao tempo de resistência do acabamento, que se encontra na Tabela 3.

Quando o acabamento se encontra na face não exposta ao fogo, sua espessura deve ser ajustada por um fator que se encontra na Tabela 4. Essa espessura ajustada ( $T_a$ ) deverá ser somada à espessura equivalente do bloco ( $T_e$ ) para que a espessura equivalente da parede ( $T_{ea}$ ) seja encontrada.

**Tabela 2 – Paredes de alvenaria de blocos**

Tipo de agregado empregado no Bloco	Mínima espessura equivalente $T_{ea}$ , em função do tempo requerido de resistência ao fogo (mm) * **						
	½ hora	¾ hora	1 hora	1 ½ horas	2 horas	3 horas	4 horas
Cascalho de calcário ou silício	51	61	71	91	107	135	157
Pedra calcária, cinzas ou escória resfriada ao ar	48	58	69	86	102	127	150
Argila expandida, xisto expandido ou ardósia expandida	46	56	66	81	91	112	130
Escória expandida ou pedra-pomes	38	48	53	69	81	102	119
Tijolo maciço cerâmico ou xisto	-	-	69	-	97	124	152
Bloco vazado ou telha cerâmica ou xisto, sem preenchimento	-	-	58	-	86	109	127
Bloco vazado ou telha cerâmica ou xisto, grauteada ou preenchido com materiais específicos	-	-	76	-	112	140	168

\* Resistências entre os períodos listados devem ser determinadas por meio de interpolação linear baseada na espessura equivalente da parede de alvenaria de concreto

\*\* Espessuras mínimas equivalentes correspondentes à resistência ao fogo para blocos feitos com combinações de agregados devem ser determinadas por interpolação linear, baseada na porcentagem do volume de cada agregado utilizado em sua fabricação.

Fonte: ACI/TMS 216.1-14, Table 5.1a, p.21 (convertida para cm)

**Tabela 3 - Tempo atribuído aos materiais de acabamento na face exposta ao fogo de paredes de blocos de concreto ou cerâmica**

Acabamento	Tempo (min)
<b>Drywall (gesso acartonado)</b>	
3/8 pol. (9,5 mm)	10
1/2 pol. (12,7 mm)	15
5/8 pol. (15,9 mm)	20
Duas camadas de 3/8 pol. (Duas camadas de 9,5 mm)	25
Uma camada de 3/8 pol. (9,5 mm) e uma camada de 1/2 pol. (12,7 mm)	35
Duas camadas de 1/2 pol. (Duas camadas de 12,7 mm)	40
<b>Drywall tipo "X" (resistente ao fogo)</b>	
1/2 pol. (12,7 mm)	25
5/8 pol. (15,9 mm)	40
<b>Argamassa de cimento Portland e areia aplicada diretamente sobre o concreto ou alvenaria*</b>	
<b>Argamassa de cimento Portland e areia sobre tela de metal</b>	
3/4 pol. (19 mm)	20
7/8 pol. (22,2 mm)	25
1 pol. (25,4 mm)	30
<b>Argamassa de gesso e areia sobre ripas de gesso de 3/8 pol.</b>	



1/2 pol. (12,7 mm)	35
5/8 pol. (15,9 mm)	40
3/4 pol. (19 mm)	50
<b>Argamassa de gesso e areia sobre tela de metal</b>	
3/4 pol. (19 mm)	50
7/8 pol. (22,2 mm)	60
1 pol. (25,4 mm)	80

\*Para fins de determinação da contribuição da argamassa de cimento Portland e areia para a espessura equivalente da alvenaria para usos na tabela X.2 (3.1 do código), será permitido o uso da espessura real da argamassa ou 5/8 pol., o menor entre os dois.

Fonte: ACI/TMS 216.1-14, Table 7.2.3, p. 28 (valores em mm acrescentados)

**Tabela 4 - Fator multiplicador da espessura de acabamentos aplicados no lado não exposto ao fogo**

Tipo de material usado na laje ou parede	Tipo de acabamento aplicado à laje ou parede			
	Reboco de cimento Portland e areia* ou ladrilho hidráulico	Reboco de gesso e areia	Reboco de gesso com vermiculita ou perlita	<i>Drywall</i> (Gesso acartonado)
Parede de alvenaria de concreto				
Alvenaria de concreto - Silicioso, calcário, cal, cinzas, escória de alto forno resfriada a ar	1,00	1,25	1,75	3,00
Alvenaria de concreto - feito com 80% ou mais de xisto expandido, ardósia expandida, argila expandida, escória expandida ou pedra-pomes.	0,75	1,00	1,25	2,25
Parede de alvenaria cerâmica				
Alvenaria cerâmica - tijolos maciços	1,00	1,25	1,75	3,00
Alvenaria cerâmica - tijolos perfurados ou blocos	0,75	1,00	1,50	2,25

\* Para argamassa de cimento Portland e areia com espessura de 1,6cm ou inferior, aplicada diretamente na parede, em seu lado não exposto ao fogo, o fator multiplicador deverá ser 1,00. Fonte: ACI/TMS 216.1-14, Table 7.2.2, p. 27

Paredes com acabamentos diferentes em suas faces de provável exposição ao fogo devem ser duplamente verificadas, com cada uma de suas faces adotada como sendo a face de exposição ao fogo. A resistência ao fogo dessa parede deve ser tomada como o menor dos tempos obtidos nos cálculos isolados.

Quando os acabamentos (no caso de aplicação em ambas as faces) contribuem para a resistência ao fogo do conjunto, deve-se limitar essa contribuição total (ambos os acabamentos) à metade da contribuição atribuída à parede sem acabamento.

### 6.5.2 Dimensionamento quanto ao critério (R)

Para se calcular a resistência ao fogo de acordo com o critério (R), calcula-se o índice de esbeltez da parede (Equações 3 e 4) e o mesmo não deverá exceder os valores indicados na Tabela 5.

Paredes que não possuem apoios nas laterais têm o índice de esbeltez definido pela equação abaixo:

$$S_{rf} = \frac{a_{vf} \cdot H}{t} \quad \text{Eq. 3}$$

Paredes que possuem apoios em apenas uma ou nas duas laterais têm seu índice de esbeltez calculado pelo menor dos obtidos com as Equações 3, 4 e 5.

$$S_{rf} = \frac{0,7}{t} \sqrt{a_{vf} \cdot H \cdot a_h \cdot L} \quad \text{Eq. 4}$$



$$S_{rf} = a_h \frac{L}{t} \quad \text{Eq. 5}$$

onde:

$S_{rf}$  = índice de esbeltez da parede em situação de incêndio;

$a_{vf}$  = igual a 0,75 se o elemento possui apoios em toda sua extensão lateral. Caso não exista tal restrição, o valor a ser adotado é 2,0;

H = altura entre travamentos verticais da parede;

t = espessura total da parede.

$a_h$  = no caso da parede possuir apoios superior e inferior, o coeficiente vale 1,0. No caso da parede possuir somente apoio inferior, o coeficiente vale 2,5;

L = comprimento da parede entre as faces laterais restringidas ou o comprimento de uma parede com travamento lateral em apenas uma de suas extremidades. No caso de juntas prumo ou no caso de paredes com aberturas, o comprimento é medido até a junta ou abertura.

**Tabela 5 – Índice de esbeltez máximo para resistência mecânica (critério R)**

Tipo de bloco	Tempo de resistência ao fogo (min)					
	30	60	90	120	180	240
1 Alvenaria não armada						
(i) Blocos cerâmicos	25,0	22,5	21,0	20,0	18,0	17,0
(ii) Blocos de silicato de cálcio com agregado basáltico						
(A) menos de 45% de todos os agregados	20,5	19,0	18,0	17,5	16,5	15,5
(B) pelo menos 45% de todos os agregados	25,0	22,5	21,0	20,0	18,0	17,0
(iii) Blocos de concreto com agregados basálticos						
(A) menos de 45% de todos os agregados	19,5	18,0	17,0	16,0	15,5	15,0
(B) pelo menos 45% de todos os agregados	25,0	22,5	21,0	20,0	18,0	17,0
2 Alvenaria armada	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0

Fonte: AS 3700 (2011), Table 6.1, p. 57 (traduzida para o português)

## 6.6 Avaliação pelos métodos de Cálculo

O método simplificado de cálculo é dado no Anexo B

## Anexo A (normativo) Método tabular

### A.1

*As tabelas estão contidas no Anexo A do código e fornecem a espessura mínima necessária da parede de alvenaria para a resistência ao fogo requerida.*

*As tabelas são divididas, inicialmente, pela função da parede na edificação (critérios de resistência ao fogo) e pelo tipo de material do bloco da parede (cerâmica, concreto com agregado leve ou agregado normal, concreto celular, etc.). A seguir, cada tabela é dividida em função da resistência à compressão dos blocos ( $f_b$ ), em função da densidade dos blocos ( $\rho$ ) e, por fim, em função da relação entre a força solicitante de cálculo da parede em situação de incêndio e a força resistente de compressão de cálculo ( $\alpha$  – nível de carregamento, que é a razão entre a força solicitante à compressão de cálculo e a força resistente à compressão de cálculo da parede). Para ilustrar, abaixo está uma tabela do código europeu.*



**Tabela 14 - Espessura mínima de paredes carregadas (critério REI) para concreto de agregado normal e leve**

Nº da linha	Propriedades dos materiais Resistência à compressão ( $f_b$ ) [N/mm²] Densidade ( $\rho$ ) [kg/m³]	Mínima espessura (mm) $t_f$ para o tempo (minutos) de resistência ao fogo para a classificação REI						
		30	45	60	90	120	180	240
1	Blocos do Grupo 1 Argamassa: uso geral, camada fina, leve							
1.1	Agregado leve $2 \leq f_b \leq 15$ $400 \leq \rho \leq 1600$							
1.1.1 1.1.2	$\alpha \leq 1,0$	90/170 (90/140)	90/170 (90/140)	90/170 (90/140)	100/170 (90/140)	100/190 (90/170)	140/240 (100/190)	150/300 (100/240)
1.1.3 1.1.4	$\alpha \leq 0,6$	70/140 (60/100)	70/140 (60/100)	70/140 (60/100)	90/170 (70/100)	90/170 (70/140)	100/190 (90/170)	100/240 (90/190)
1.2	Agregado normal $6 \leq f_{bk} \leq 35$ $1200 \leq \rho \leq 2400$							
1.2.1 1.2.2	$\alpha \leq 1,0$	90/170 (90/140)	90/170 (100/140)	90/170 (90/140)	90/170 (90/140)	100/190 (90/170)	140/240 (100/190)	150/300 (100/240)
1.2.3 1.2.4	$\alpha \leq 0,6$	70/140 (60/100)	90/140 (70/100)	70/140 (70/100)	90/170 (70/100)	90/170 (70/140)	100/190 (90/170)	140/240 (100/190)

Fonte: EN 1996 1-2, Table N.B.3.2, p. 50 (traduzida para o português)

## Anexo B (normativo) Método simplificado de cálculo

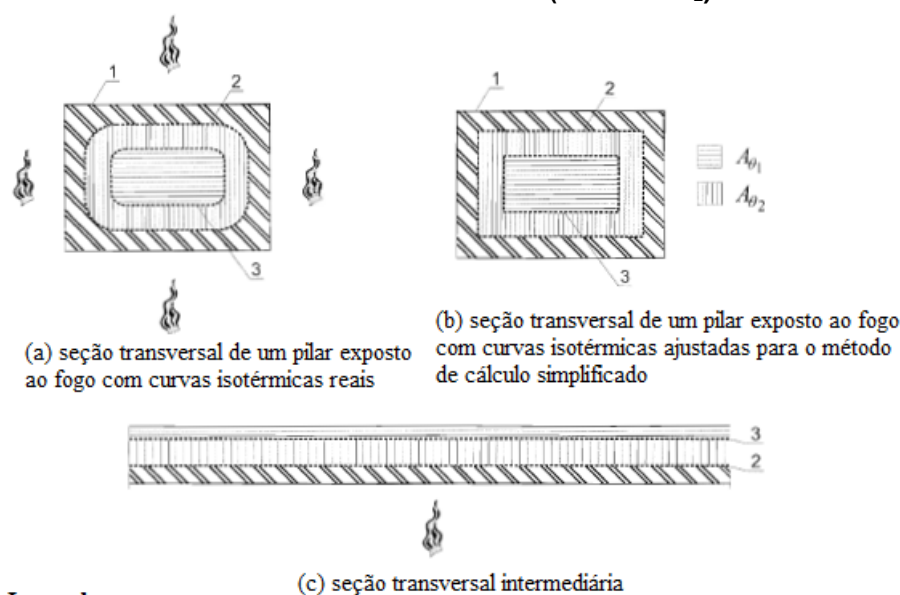
### B.1

Restringe-se o dimensionamento de paredes de alvenaria estrutural em situação de incêndio pelo método simplificado às paredes executadas com blocos e argamassas específicos (Tabela).

O método simplificado, basicamente, consiste na determinação de duas isotermas da seção, uma para temperatura  $\theta_1$  (temperatura até a qual se pode considerar resistência à compressão residual da alvenaria) e outra para temperatura  $\theta_2$  (temperatura acima da qual se pode considerar como nula a resistência à compressão da alvenaria). A partir do traçado dessas isotermas na seção transversal, a parede é avaliada, em situação de incêndio, com a seção reduzida (toda a área da seção com temperatura acima de  $\theta_2$  descartada) e com parte da seção já reduzida com resistência à compressão menor do que aquela obtida em situação ambiente (região da seção transversal com temperaturas entre  $\theta_1$  e  $\theta_2$ ). A Figura exemplifica esse procedimento para o caso de um pilar em alvenaria estrutural.

A verificação da seção é feita no Estado Limite Último e as ações são combinadas de acordo com as recomendações usuais do código (similar ao que ocorre com procedimentos já consagrados para o concreto ou para o aço).

#### Ilustração de áreas da alvenaria a temperaturas até $\theta_1$ , entre $\theta_1$ e $\theta_2$ e áreas estruturalmente ineficientes (acima de $\theta_2$ )



Fonte: EN 1996 1-2, Figure C.1, p. 66 (traduzida para o português).

No Estado Limite Último, para a situação de incêndio, o valor da força vertical solicitante de cálculo em uma parede ou pilar deve ser menor ou igual ao valor da força vertical resistente de cálculo da parede ou pilar.

$$N_{Sd} \leq N_{Rd,fi\theta 2}$$

O valor da força vertical resistente de cálculo de uma parede ou pilar é dada por:

$$N_{Rd,fi\theta 2} = \Phi (f_{d\theta 1} A_{\theta 1} + f_{d\theta 2} A_{\theta 2})$$

onde:

A = área total de alvenaria

$A_{\theta 1}$  = área de alvenaria até  $\theta_1$

$A_{\theta 2}$  = área de alvenaria entre  $\theta_1$  e  $\theta_2$

$\theta_1$  = temperatura até a qual pode-se utilizar a capacidade resistente da alvenaria

$\theta_2$  = temperatura acima da qual o material é desprezado

$N_{Sd}$  = valor da força vertical solicitante de cálculo

$N_{Rd,fi\theta 2}$  = valor da força vertical resistente de cálculo, em situação de incêndio

$f_{d\theta 1}$  = resistência à compressão, de cálculo, da alvenaria até  $\theta_1$

$f_{d\theta 2}$  = resistência à compressão, de cálculo, da alvenaria entre  $\theta_1$  e  $\theta_2$

$e_{\Delta\theta}$  = excentricidade devido à variação de temperatura na alvenaria, calculada conforme o item C2.

$\Phi$  = fator de minoração da capacidade portante da parede que leva em consideração eventual excentricidade adicional  $e_{\Delta\theta}$ , calculado conforme o item C3.

#### Valores das temperaturas $\theta_1$ e $\theta_2$ em função dos materiais de execução da parede de alvenaria

Blocos de alvenaria e argamassa (superfície desprotegida)	Temperatura (°C)	
	$\theta_2$	$\theta_1$
Blocos cerâmicos com argamassa comum	600	100
Blocos de silicato de cálcio com uma fina camada de argamassa	500	100
Bloco de agregado leve (pedra-pomes) com argamassa comum	400	100
Bloco de agregado normal com argamassa comum	500	100
Bloco celular auto clavado com uma fina camada de argamassa	700	200

Fonte: BS EN 1996 1-2, 2005, p.67 (traduzida para o português).

Observa-se que a distribuição de temperaturas (isotermas) na seção transversal da parede ou pilar de alvenaria, ao longo do tempo de exposição ao fogo do elemento, deve ser obtida através de ensaio do elemento em laboratório ou a partir de uma base de dados (tabelas de isotermas) confiável.

#### B.2 Cálculo da excentricidade devido à variação de temperatura na alvenaria, $e_{\Delta\theta}$

A excentricidade,  $e_{\Delta\theta}$ , devido a variação de temperatura na parede ou pilar de alvenaria, para uso no método simplificado de cálculo pode ser obtida a partir da equação:

$$e_{\Delta\theta} = \frac{1}{8} h_{ef}^2 \frac{\alpha_t (\theta_2 - 20)}{t_{Fr}} \leq h_{ef}/20$$

Com:

$e_{\Delta\theta} = 0$ , quando se considera todas as faces do elemento sob ação do fogo

E:

$\theta_2$  = temperatura acima da qual despreza-se a resistência à compressão do material, em °C

$h_{ef}$  = altura efetiva da parede, calculada conforme item XXX.

$\alpha_t$  = coeficiente de expansão térmica

$t_{Fr}$  = espessura da seção transversal cuja temperatura não exceda  $\theta_2$

### B.3 Cálculo do fator de minoração da capacidade portante, $\Phi$

$\Phi$  é o fator de minoração da capacidade portante, que pode ser  $\Phi_i$ , nas partes superior ou inferior da parede, e  $\Phi_m$ , na metade da parede:

$$\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t}$$

onde:

$e_i$  é a excentricidade nas partes superior ou inferior da parede, o que for aplicável, calculada usando a equação:

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{inic} \geq 0,05 t$$

$M_{id}$  é o valor de cálculo do momento fletor nas partes superior ou inferior da parede, resultado da excentricidade da carga do piso no apoio (Figura XX)

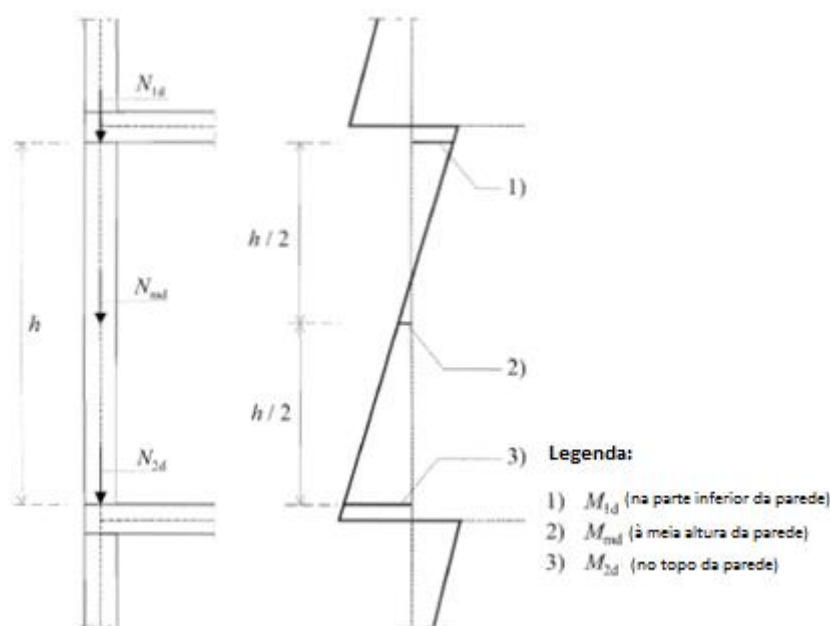
$N_{id}$  é o valor de cálculo da carga vertical na parte superior ou inferior da parede, se existir

$e_{he}$  é a excentricidade na parte superior ou inferior da parede, se existir, resultante de cargas horizontais (como, por exemplo, o vento)

$e_{inic}$  é a excentricidade inicial que possui o mesmo sinal de  $e_i$

$t$  é a espessura da parede

**Figura XX – Momentos resultantes de excentricidades**



Fonte: EN 1996 1-1, Figure 6.1, p. 66 (traduzida para o português)

Usando-se uma simplificação dos princípios gerais relatados anteriormente, o fator de redução no meio da parede,  $\Phi_m$ , pode ser determinado usando  $e_{mk}$ , onde:

$e_{mk}$  é a excentricidade na metade da altura da parede, calculada de acordo com as equações:

$$e_{mk} = e_m + e_k \geq 0,05 t$$

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{inic}$$

$e_m$  é a excentricidade devido às cargas

$M_{md}$  é o valor de cálculo do maior momento no meio da parede, resultado dos momentos das partes superior e inferior da mesma (ver Figura XX), incluindo uma eventual carga aplicada na face da parede (como, por exemplo, um suporte)

$N_{md}$  é o valor de cálculo da carga vertical na metade da parede, incluindo uma eventual carga aplicada na face da parede (como, por exemplo, um suporte)

$e_{hm}$  é a excentricidade no meio da parede resultante de cargas horizontais (como, por exemplo, o vento). A inclusão de  $e_{hm}$  depende da combinação de ações usada na verificação, seu sinal deve ser levado em conta.

$e_{inic}$  é a excentricidade inicial que possui o mesmo sinal de  $e_m$

$h_{ef}$  é a altura efetiva da parede, obtida conforme o item C3.1, ou a condição de contorno ou rigidez apropriada

$e_k$  é a excentricidade devido à deformação, calculada de acordo com o item C3.2.

### B3.1. Cálculo da altura efetiva da parede, $h_{ef}$

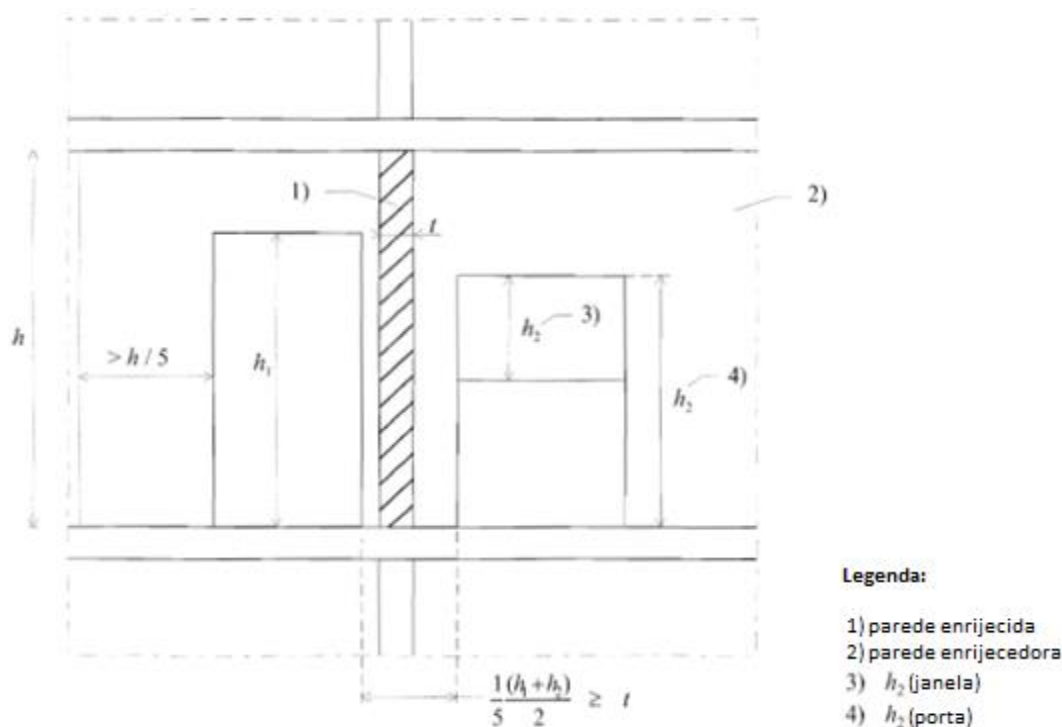
A altura efetiva de uma parede estrutural deve ser tomada levando-se em conta a rigidez relativa dos elementos da estrutura conectados à parede e a eficiência dessas conexões. Uma parede



pode se tornar mais rígida com pisos, ou tetos, paredes perpendiculares bem amarradas, ou qualquer outro elemento estrutural rígido ao qual a parede está conectada. A parede pode ser considerada como enrijecida numa junção vertical se não se espera que ocorram fissuras entre a parede e sua parede enrijecedora (quando ambas as paredes são feitas com materiais que possuem um comportamento semelhante na deformação, se forem aproximadamente igualmente carregadas, se são construídas ao mesmo tempo e são amarradas entre si e movimentação diferencial entre as paredes não é esperada) ou se a ligação entre a parede e sua parede enrijecedora resiste às tensões e forças de compressão através de amarras ou quaisquer outros meios adequados.

Paredes enrijecedoras devem ter um comprimento de pelo menos um quinto de sua altura livre e possuir uma espessura de pelo menos 0,3 vezes a espessura efetiva da parede a ser enrijecida. Se a parede enrijecedora possuir aberturas, o comprimento mínimo da parede entre aberturas deve ser de acordo com o mostrado na Figura xx, e a parede enrijecedora deve ainda possuir um comprimento adicional, de pelo menos um quinto de seu pé-direito, entre cada abertura e o fim da parede.

**Figura xx – Comprimento mínimo de paredes enrijecedoras com aberturas**



Fonte: EN 1996 1-1, Figure 5.1, p. 53 (traduzida para o português) [Erro! Fonte de referência não encontrada.].

Paredes também podem ser enrijecidas por outros elementos desde que estes possuam rigidez equivalente à rigidez de uma parede de alvenaria enrijecedora e que eles sejam ancorados ou amarrados à parede, e as amarras sejam projetadas para resistir às tensões e forças de compressão que existirão. Paredes enrijecidas em dois pontos, com  $l \geq 30 t$ , ou paredes enrijecidas em um ponto, com  $l \geq 15 t$ , onde  $l$  é o comprimento da parede, entre as paredes enrijecedoras ou uma beirada e  $t$  é a espessura da parede enrijecida, devem ser tratadas como paredes apoiadas nas partes superior e inferior apenas.

Se a parede enrijecida for enfraquecida por ranhuras verticais, a espessura reduzida da parede deve ser usada no lugar de  $t$ , ou deve-se assumir uma borda livre no lugar da ranhura vertical.

Deve-se assumir sempre uma borda livre quando a espessura da parede remanescente após a formação da ranhura vertical for menor que metade da espessura da parede.

Em paredes com aberturas que possuem uma altura maior que  $\frac{1}{4}$  da altura da parede ou uma largura maior que  $\frac{1}{4}$  do comprimento da parede ou uma área de mais de  $\frac{1}{10}$  da área total da parede, deve-se considerar borda livre na borda da abertura para se determinar a altura efetiva.

A altura efetiva de uma parede deve ser tomada como:

$$h_{ef} = \rho_n h$$

onde:

$h_{ef}$  é a altura efetiva da parede;

$h$  é a altura livre da parede;

$\rho_n$  é um fator de redução onde  $n = 2, 3$  ou  $4$  dependendo da restrição nas bordas ou enrijecimento da parede.

O fator de redução,  $\rho_n$ , pode ser:

- Para paredes apoiadas nas partes superior e inferior por pisos ou lajes de concreto armado que se estendem dos dois lados no mesmo nível ou por um piso de concreto armado que se estende em um lado e suporta pelo menos  $\frac{2}{3}$  da espessura da parede:

$$\rho_2 = 0,75$$

A menos que a excentricidade da carga na parte superior da parede seja maior que 0,25 vezes sua espessura, nesse caso,

$$\rho_2 = 1,0$$

- Para paredes apoiadas nas partes superior e inferior por pisos ou lajes de madeira que se estendem dos dois lados no mesmo nível ou por piso de madeira que se estenda de um lado apoiando pelo menos  $\frac{2}{3}$  da espessura da parede, mas não menos que 85 mm:

$$\rho_2 = 1,0$$

- Para paredes apoiadas nas partes superior e inferior e enrijecidas verticalmente em uma borda (e com uma borda livre):

Quando  $h \leq 3,5 l$

$$\rho_3 = \frac{1}{1 + \left[ \frac{\rho_2 h}{3l} \right]^2} \rho_2$$

com  $\rho_2$  calculado conforme apropriado

Quando  $h > 3,5 l$

$$\rho_3 = \frac{1,5 l}{h} \geq 0,3$$

onde:

$l$  é o comprimento da parede

• Para paredes apoiadas nas partes superior e inferior e enrijecidas verticalmente em dois pontos:

Quando  $h \leq 1,15 l$ , com  $\rho_2$  conforme apropriado, o que se aplicar:

$$\rho_4 = \frac{1}{1 + \left[ \frac{\rho_2 h}{l} \right]^2} \rho_2$$

Quando  $h > 1,15 l$

$$\rho_4 = \frac{0,5 l}{h}$$

onde:

$l$  é o comprimento da parede

### B3.2. Cálculo da excentricidade devido à deformação, $e_k$

A excentricidade devido à deformação,  $e_k$ , é calculada de acordo com a equação a seguir:

$$e_k = 0,002 \phi_{\infty} \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t_{ef}}$$

$t_{ef}$  é a espessura efetiva da parede, calculada de acordo com o item C3.3.

$\phi_{\infty}$  é o coeficiente de deformação final, obtido através da avaliação de resultados de ensaios, determinado através da seguinte Equação:

$$\phi_{\infty} = \varepsilon_{c\infty} / \varepsilon_{cl}$$

onde

$\varepsilon_{c\infty}$  é a deformação final e

$$\varepsilon_{cl} = \sigma / E$$

Para paredes com índice de esbeltez menor ou igual a  $\lambda_c$ , a excentricidade devido à deformação,  $e_k$ , pode ser tomada como zero.

O valor recomendado de  $\lambda_c$  é 15.

Os intervalos de valores de  $\phi_{\infty}$  para diferentes tipos de blocos de alvenaria:

#### Intervalos do coeficiente de deformação final para diferentes tipos de blocos de alvenaria

Tipo de bloco de alvenaria	Coeficiente de deformação final, $\phi_{\infty}$
Cerâmico	0,5 a 1,5
Silicato de cálcio	1,0 a 2,0
Concreto de agregado normal	1,0 a 2,0
Concreto leve	1,0 a 3,0

Concreto celular autoclavado (CCA)		0,5 a 1,5
Pedra Natural	Magmática	Esse valor geralmente é muito baixo
	Sedimentar	
	Metamórfica	

Fonte: EN 1996 1-1, 3.7.4(2), p. 45

### B3.3. Cálculo da espessura efetiva da parede, $t_{ef}$

A espessura efetiva,  $t_{ef}$ , de uma parede simples e de uma parede dupla deve ser tomada como a espessura real da parede,  $t$ .

A espessura efetiva de uma parede enrijecida por *piers* (pequenas paredes enrijecedoras – ver Figura XX) deve ser obtida de acordo com a equação:

$$t_{ef} = \rho_t \cdot t$$

onde:

$\rho_t$  é um coeficiente obtido na Tabela XX

$t$  é a espessura da parede

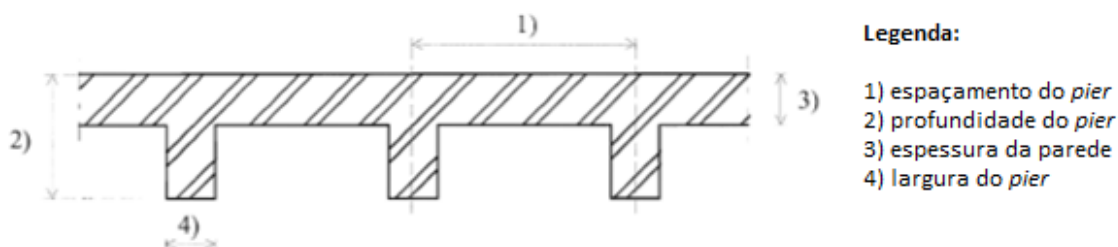
#### **Coeficiente de rigidez, $\rho_t$ , para paredes enrijecidas por *piers* (pequenas paredes enrijecedoras)**

Razão entre o espaçamento do pier (centro a centro) com a largura do pier	Razão da profundidade do pier com a espessura da parede na qual ele está inserido		
	1	2	3
6	1,0	1,4	2,0
10	1,0	1,2	1,4
20	1,0	1,0	1,0

Nota: a interpolação linear entre os valores dados nessa Tabela é permitida

Fonte: EN 1996 1-1, Table 5.1, p. 56

#### **Diagrama das definições usadas na Tabela XX**



Fonte: EN 1996 1-1, Figure 5.2, p. 56.



**Anexo C  
(informativo)  
Método avançado de cálculo**

**C.1**



**Anexo D  
(normativo)  
Exemplos de ligações**

**D.1**