

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

FRANCISCO SATURNINO DA SILVA NETO

**RELAÇÕES ENTRE O COEFICIENTE GAMA-Z E O
PARÂMETRO DE INSTABILIDADE ALFA PARA
CONCRETOS DE CLASSE II**

**JOÃO PESSOA
2021**

FRANCISCO SATURNINO DA SILVA NETO

**RELAÇÕES ENTRE O COEFICIENTE GAMA-Z E O
PARÂMETRO DE INSTABILIDADE GLOBAL ALFA
PARA CONCRETOS DE CLASSE II**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da
Paraíba (UFPB) como parte das
exigências para a obtenção do título de
bacharel em engenharia civil

Orientador: Prof. José Marcílio Filgueiras
Cruz

João Pessoa
2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N469r Neto, Francisco Saturnino da Silva

RELAÇÕES ENTRE O COEFICIENTE GAM-Z E PARÂMETRO DE
INSTABILIDADE ALFA PARA CONCRETOS DE CLASSE II /
Francisco Saturnino da Silva Neto. – João Pessoa, 2021.

59f. il.:

Orientação: José Márcilio Filgueiras Cruz.

TCC (Graduação em Engenharia Civil) – UFPB/CT

1. Estabilidade Global. 2. Parâmetro Alfa. 3. Coeficiente Gama-Z. I.
Cruz, José Márcilio Filgueira. II. Título

UFPB / BSCT

CDU: 62

FOLHA DE APROVAÇÃO

FRANCISCO SATURNINO DA SILVA NETO

RELAÇÕES ENTRE O COEFICIENTE GAMA-Z E O PARÂMETRO DE INSTABILIDADE GLOBAL ALFA PARA CONCRETOS DE CLASSE II

Trabalho de Conclusão de Curso em 15/07/2021 perante a seguinte Comissão Julgadora:



José Marcílio Filgueiras Cruz
Professor Orientador

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO

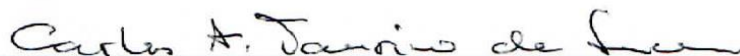


Enildo Tales Ferreira

Professor Membro da banca examinadora

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO



Carlos Antônio Taurino de Lucena

Professor membro da banca examinadora

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO



Prof.ª Andrea Brasiliano Silva

Matrícula Siape: 1549557

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar vivo e com saúde para a elaboração deste trabalho.

À minha querida mãe que sempre me motivou nos momentos difíceis da graduação.

A todos os amigos e professores que fizeram parte desta minha jornada na universidade, em especial ao meu orientador e excelente docente, o Prof. José Marcílio Filgueiras Cruz, que além de sua didática, paciência e dedicação tem sido um grande amigo.

A todo o corpo técnico da Coordenação do Curso de Engenharia Civil, em especial a Daniel Dias dos Santos.

A todos os membros da DIVEC (Divisão de Engenharia e Construção da Polícia Militar da Paraíba), em especial ao meu chefe Major Saulo Alves Santana, pela oportunidade que me deu em colaborar e aprender com o setor.

RESUMO

NETO, Francisco Saturnino da Silva. **RELAÇÕES ENTRE O COEFICIENTE GAMA-Z E O PARÂMETRO DE INSTABILIDADE GLOBAL ALFA PARA CONCRETOS DE CLASSE II**. 2021, 85 pág. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2021.

Historicamente percebe-se o aumento da construção de edifícios cada vez mais altos e esbeltos, devido a maior concentração de pessoas e atividades econômicas na cidade, tornando dessa forma os lotes urbanos cada vez mais caros, os projetos arquitetônicos mais arrojados que demandam técnicas construtivas mais modernas. Nesses edifícios os efeitos de segunda ordem são mais acentuados e o uso de concreto de alto desempenho representa uma boa opção, quando da escolha do F_{ck} a ser adotado. A ABNT NBR 6118:2014 recomenda a análise de instabilidade global com o uso do Parâmetro Alfa e/ou do Coeficiente Gama-Z. Embora este coeficiente seja obtido através de procedimentos que envolvem uma quantidade de cálculos bem maior que a utilizada para o cálculo do Parâmetro Alfa, ele é o mais utilizado. Dessa forma, busca-se, neste TCC - que pode ser caracterizado como uma continuação de Trabalhos de Conclusão de Curso recentemente publicados - expressões do segundo e do terceiro graus que possibilitem a obtenção do Gama-Z, principalmente, em função do Alfa (α) e a apresentação de tabelas indicando seus valores para concretos classe II. Para tanto, partindo de dados constantes da dissertação intitulada **EFEITOS DE SEGUNDA ORDEM EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO**, apresentada à USP por Regina Maria dos Santos Carmo em 1995 e utilizando o que já foi definido como fator de redução equivalente (F_{Req}), procede-se as correções (ou atualizações) tendo em vista o ajustamento das grandezas envolvidas na sua formulação devido às novas recomendações da versão atual da norma acima referida.

Palavras-chave: Estabilidade Global; Parâmetro Alfa; Coeficiente Gama-Z.

ABSTRACT

NETO, Francisco Saturnino da Silva. **RELATION BETWEEN THE GAMMA-Z COEFFICIENT AND THE ALPHA GLOBAL INSTABILITY PARAMETER FOR CLASS II CONCRETE**. 2021, xx pág. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2021.

Historically, there has been an increase in the construction of increasingly tall and slender buildings, due to the greater concentration of people and economic activities in the city, thus making urban plots more and more expensive, the most daring architectural projects that require more constructive techniques modern. In these buildings the second order effects are more accentuated and the use of high performance concrete represents a good option, when choosing the f_{ck} to be adopted. ABNT NBR 6118: 2014 recommends the analysis of global instability using the alpha parameter and / or the gamma-z coefficient. Although this coefficient is obtained through procedures that involve a much larger amount of calculations than the one used to calculate the alpha parameter, it is the most used. In this way, we seek, in this TCC - which can be characterized as a continuation of recently published Course Conclusion Papers - expressions of the second and third degrees that make it possible to obtain the z-range, mainly due to the alpha) and the presentation of tables indicating their values for class II concretes. Therefore, starting from data contained in the dissertation entitled EFFECTS OF SECOND ORDER ON ARMED CONCRETE BUILDINGS, presented to USP by Regina Maria dos Santos Carmo in 1995 and using what has already been defined as an equivalent reduction factor (F_{Req}), we proceed corrections (or updates) with a view to adjusting the quantities involved in their combination due to the new recommendations of the current version of the above applicable norm.

Keywords: Global Stability; Alpha parameter; Gamma-Z coefficient.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1	- Efeito da NLG provocando momento fletor de 2ª ordem.....	20
Figura 4.2	- Núcleo de rigidez.....	23
Figura 4.3	- Núcleo de rigidez e foto-maquete do edifício.....	24
Figura 4.4	- Rigidez equivalente do pórtico.....	26
Figura 4.5	- Variação do Parâmetro de acordo com SEC.....	27
Figura 4.6	- Esquema para o cálculo $M_{1,tot,d}$ e do $\Delta M_{tot,d}$	30
Figura 5.1	- Pórtico do sistema de contraventamento.....	46
Figura 5.2	- Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,60$	59
Figura 5.3	- Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,60$	60
Figura 5.4	- Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,65$	60
Figura 5.5	- Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,65$	60
Figura 5.6	- Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,70$	61
Figura 5.7	- Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,70$	61
Figura 5.8	- Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,75$	61
Figura 5.9	- Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,75$	62
Figura 5.10	- Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,80$	62
Figura 5.11	- Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,80$	62
Figura 5.12	- Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,85$	63
Figura 5.13	- Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,85$	63
Figura 5.14	- Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,90$	63
Figura 5.15	- Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,90$	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1	- Módulo de deformação do concreto para valores do F_{ck}	41
Tabela 5.2	- Fatores de correção.....	45
Tabela 5.3	- Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 55MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.....	48
Tabela 5.4	- Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 60MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.....	49
Tabela 5.5	- Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 65MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.....	51
Tabela 5.6	- Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 70MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.....	52
Tabela 5.7	- Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 75MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.....	53
Tabela 5.8	- Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 80MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.....	55
Tabela 5.9	- Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 85MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.....	56
Tabela 5.10	- Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 90MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.....	58
Tabela 5.11	- Equações de correlação Alfa-Gama-Z para $F_{ck} = 55 MPa$	64
Tabela 5.12	- Equações de correlação Alfa-Gama-Z para $F_{ck} = 60 MPa$	64
Tabela 5.13	- Equações de correlação Alfa-Gama-Z para $F_{ck} = 65 MPa$	65
Tabela 5.14	- Equações de correlação Alfa-Gama-Z para $F_{ck} = 70 MPa$	65
Tabela 5.15	- Equações de correlação Alfa-Gama-Z para $F_{ck} = 75 MPa$	66
Tabela 5.16	- Equações de correlação Alfa-Gama-Z para $F_{ck} = 80 MPa$	66
Tabela 5.17	- Equações de correlação Alfa-Gama-Z para $F_{ck} = 85 MPa$	67
Tabela 5.18	- Equações de correlação Alfa-Gama-Z para $F_{ck} = 90 MPa$	67
Tabela 6.1	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 55 MPa$ (Quadrática).....	68
Tabela 6.2	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 60 MPa$ (Quadrática).....	69

Tabela 6.3	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 65$ MPa (Quadrática).....	70
Tabela 6.4	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 70$ MPa (Quadrática).....	70
Tabela 6.5	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 75$ MPa (Quadrática).....	71
Tabela 6.6	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 80$ MPa (Quadrática).....	72
Tabela 6.7	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 85$ MPa (Quadrática).....	73
Tabela 6.8	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 90$ MPa (Quadrática).....	74
Tabela 6.9	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 55$ MPa (Cúbica)	75
Tabela 6.10	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 60$ Mpa (Cúbica).....	76
Tabela 6.11	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 65$ MPa (Cúbica)	77
Tabela 6.12	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 70$ MPa (Cúbica)	77
Tabela 6.13	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 75$ MPa (Cúbica)	78
Tabela 6.14	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 80$ MPa (Cúbica)	79
Tabela 6.15	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 85$ MPa (Cúbica)	80
Tabela 6.16	- Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 90$ MPa (Cúbica)	81

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIações

a	– Deslocamento horizontal no topo do pórtico
α	– Parâmetro Alfa
α_E	– Parâmetro em função da natureza do agregado que influencia o módulo de elasticidade
γ_z	– Coeficiente Gama-Z
γ_f	– Coeficiente de ponderação
γ_{fv}	– Coeficiente de ponderação das ações verticais
ψ_0	– Coeficiente de combinação das ações
Δ	– Deslocamento do topo da estrutura
$\Delta M_{tot,d}$	– Soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, com valores de cálculo, em relação à base da estrutura
$M_{1,tot,d}$	– Soma da multiplicação das forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada e com valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação
A_s	– Área da seção transversal da armadura longitudinal de tração
A_s'	– Área da seção transversal da armadura longitudinal de compressão
ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	– American Concrete Institute (Instituto Americano do Concreto)
ANLF	– Análise com Não Linearidade Física
ANLG	– Análise com Não Linearidade Geométrica
C50	– Concreto com resistência característica a compressão igual a 50 MPa
C90	– Concreto com resistência característica a compressão igual a 90 MPa
CC1	– Caso de carregamento das ações verticais permanentes e variáveis
CC2	– Caso de carregamento devido ao vento
CEB	– Comité Euro-International du Béton (Comitê de Concreto Euro-Internacional)
E_{ci}	– Módulo de elasticidade tangente inicial do concreto
E_{cs}	– Módulo de elasticidade secante do concreto
EI	– Rigidez a flexão
EI_k	– Somatório dos valores de rigidez de todos os pilares na direção considerada
ELS	– Estado Limite de Serviço
ELU	– Estado limite de Utilização
F_{ck}	– Resistência característica do concreto à compressão
F_R	– Fator de redução
F_{Req}	– Fator de redução equivalente
F_{Vk}	– Resistência ao escoamento do aço
H	– Altura total da estrutura, medida a partir do topo da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo
H_d	– Força horizontal de cálculo
H_{tot}	– Altura total da estrutura, medida a partir do topo da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo
I	– Inércia Reduzida
I_c	– Momento de inércia da seção bruta de concreto
I_g	– Inércia da seção bruta
M_{1d}	– Momento fletor de 1ª ordem
M_{1d}	– Momento fletor de 2ª ordem

MPa	–	Mega pascal
NBR	–	Norma Brasileira
NLF	–	Não Linearidade Física
NLG	–	Não Linearidade Geométrica
N_d	–	Força normal de cálculo
P_{cr}	–	Carga crítica
P_k	–	Soma de todas as cargas verticais atuantes na estrutura, a partir de H
SEC	–	Sistema Estrutural de Contraventamento
SC	–	Sistema Estrutural Contraventado
V_0	–	Velocidade básica do vento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivos gerais	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. METODOLOGIA DO TRABALHO	16
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
4.1. A estrutura global como um conjunto de elementos estruturais.....	17
4.2. Considerações sobre a não-linearidade física e geométrica.....	18
4.2.1. Não-linearidade física.....	18
4.2.2. Não-linearidade geométrica.....	19
4.3. O Sistema Estrutural da edificação	21
4.4. As subestruturas e a estabilidade global	21
4.4.1. Pórticos rígidos	22
4.4.2. Paredes de cisalhamento.....	23
4.4.3. Núcleo rígido	23
4.4.4. Sistema tubular	24
4.5. Os parâmetros para avaliação da indeslocabilidade lateral das estruturas.....	25
4.5.1. O Parâmetro Alfa.....	25
4.5.2. O Coeficiente Gama-Z.....	28
4.5.3. Condições de aplicação, limites e seus significados e a definição matemática dos parâmetros α e γ_Z	31
4.5.3.1. Do parâmetro de instabilidade global α	31
4.5.3.2. Do chamado coeficiente γ_Z	33
4.6. Relação entre o Alfa e o Gama-Z	35
5. AS NOVAS CORRELAÇÕES ENTRE O ALFA E O GAMA-Z.....	37
5.1. Expressões para as correções dos valores dos Parâmetros Alfa e Gama-Z.....	38
5.1.1. Correção dos valores do α_0	41
5.1.2. Correção dos valores do γ_{Z0}	43
5.1.3. O Fator de redução equivalente da $E_{ci}I_c$ para a consideração da NLF	45
5.2. Tabelas de valores corrigidos do α_0 do γ_0 de acordo com a ABNT BR6118:2014..	48
5.3. Gráficos e expressões das funções de correlação	59
6. TABELAS PARA O CÁLCULO DO COEFICIENTE GAMA-Z EM FUNÇÃO DO ALFA	68

6.1.	Tabelas para valores do Gama-Z obtidos de funções aproximadoras quadráticas	68
6.2.	Tabelas para valores funções aproximadoras cúbicas	75
7.	CONCLUSÃO	82
8.	REFERÊNCIAS	83

1. INTRODUÇÃO

A economia está, cada vez mais, concentrada nas grandes cidades, e isso tem gerado o aumento da densidade demográfica e a conquista de um espaço tem se tornado bastante competitiva. Com a valorização dos terrenos, além de outros fatores, tais como: privacidade, segurança, espaço de lazer, academia etc. A construção de condomínios residenciais ou comerciais verticalizados tem sido uma forte tendência mundial.

A crescente demanda de construção de edifícios altos acompanhado de projetos arquitetônicos modernos e arrojados levam os estudiosos e os profissionais da engenharia a buscarem por novas tecnologias. O concreto de alto desempenho com fator característico de resistência à compressão (F_{ck}) maior que 50 MPa tem sido bastante empregado nesses casos. O mencionado concreto tem características que favorecem a construção de estruturas mais altas e esbeltas.

Os edifícios altos estão sujeitos a diferentes tipos de cargas, e uma que influencia bastante na sua estabilidade global é o vento, que é o responsável por induzir os carregamentos horizontais de grande magnitude. A interação entre as cargas horizontais e verticais geram os efeitos globais de segunda ordem que devem ser verificados segundo a ABNT NBR 6118/2014.

Dentro da teoria da análise da estabilidade global existem ferramentas para entender o comportamento estrutural diante das ações mencionadas, e como que esse comportamento vai influenciar nos aspectos de cálculo.

De início deve-se verificar se a estrutura é de nó fixos ou móveis. E as estimativas que a Norma Brasileira 6118/2014 trazem, são o Parâmetro de Instabilidade Alfa e o Coeficiente Gama-Z. Ambos têm a função de classificar a estrutura quanto a sua deslocabilidade. O Parâmetro Alfa vai identificar apenas se a estrutura é de nós fixos ou móveis enquanto o Coeficiente Gama-Z, além disso, vai dar subsídio para saber o quanto de adicionais de solicitações internas devem ser considerados na estrutura.

O Parâmetro Alfa é bastante utilizado nas análises de estabilidade global, por se tratar de uma ferramenta com equação simples, podendo dispensar análises mais complexas caso se confirme que a estrutura é de nós fixos.

Devido a facilidade de se trabalhar com o Parâmetro de Instabilidade Alfa e ao largo emprego de cimento da classe II nas obras de edifícios altos e esbeltos, este TCC visa dar continuidade ao trabalho de Maracajá (2020), Paiva (2020) e Silva (2020) e encontrar uma

relação entre o Alfa (α) e o Gama-Z (γ_z) através de equações e tabelas utilizando os coeficientes de resistências característicos do concreto entre C50 e C90.

2. OBJETIVOS

A partir de informações de estruturas de edifícios projetados e construídos, Carmo (1995) obteve uma equação correlacionando o parâmetro α ao coeficiente γ_z , tal como definidos no CEB/78 que validavam a verificação da estabilidade das estruturas de concreto armado, e apresentou uma relação cúbica entre eles. Recentemente Maracajá (2020), Paiva (2020) e Silva (2020), partindo da dissertação de Carmo, obtiveram, respectivamente, em seus TCCs, novas expressões cúbicas e quadráticas, tabelas e ábacos, definido o Coeficiente Gama-Z como função do Parâmetro Alfa, do F_{ck} e do F_{Req} , relacionados aos concretos classe I.

2.1. Objetivos gerais

O objetivo geral deste TCC é, portanto, adicionar ao estudo realizado e apresentado nos três TCCs já referidos, equações cúbicas e quadráticas correlacionando o Gama-Z ao Parâmetro Alfa apresentando tabelas para obtenção desse Coeficiente Gama-Z como função do Parâmetro Alfa, do F_{ck} e do F_{Req} , relacionadas aos concretos classe II.

2.2. Objetivos específicos

Apresentar novas funções que permitam uma avaliação do Coeficiente γ_z em função do parâmetro α e do F_{Req} para estruturas de concreto armado utilizando concretos classe II.

3. METODOLOGIA DO TRABALHO

Tal como utilizada por Maracajá (2020), a metodologia adotada tem como ponto de partida a atualização (ou correção) dos sessenta pares Alfa-Gama-Z utilizados por Carmo (1995) para a obtenção da expressão de correlação cúbica e/ou quadrática entre os dois parâmetros supramencionados.

Tal correção utilizada tem como finalidade atualizar os valores dos pares Alfa-Gama-Z, ajustando-os as recomendações da ABNT NBR 6118:2014, especialmente quanto a não

recomendação do fator de redução único, $F_R = 0,70$, até então tolerado para simular os efeitos da NLF no cálculo da rigidez flexional $(EI)_{SEC}$, para a obtenção do referido coeficiente.

Desse modo, trabalhando com o conceito do fator de redução equivalente da rigidez EI, F_{Req} , como se fosse um fator de redução resultante a ser associado a cada pórtico cujos elementos verticais (pilares) deveriam ter sua rigidez flexional reduzida em 20% enquanto os elementos horizontais ou inclinados (vigas) deveriam sofrer redução do EI em 50% ou 60%, conforme a relação entre sua armadura longitudinal de tração e de compressão.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Sendo este TCC uma continuação dos estudos realizados por Maracajá (2020), Paiva (2020) e Silva (2020), entende-se como aceitável que a Revisão Bibliográfica aqui apresentada se inicie com as principais abordagens dos estudos acima referidos. Desse modo, tem-se:

4.1. A estrutura global como um conjunto de elementos estruturais.

Ao projetar e/ou analisar a estrutura de um edifício, algumas simplificações podem e devem ser aplicadas para viabilizar os cálculos a serem realizados. Paiva (2020; p.14). De acordo com (BUENO, 2009; p.19), são vários os modelos estruturais que podem ser adotados na concepção estrutural de uma edificação, dos mais simples aos mais complexos, que permitem considerações mais simplificadas ou mais precisas do caso real. Os modelos mais complexos, em geral, procuram representar de maneira mais realista o comportamento físico da estrutura em análise, simulando os efeitos das ações atuantes, das deformações e dos deslocamentos.

Desse modo, e tendo em vista os desafios cada vez maiores que lhes são impostos, seja devido à esbeltez elevada das edificações modernas, seja devido aos novos materiais e técnicas construtivas, que as torna candidatas a problemas relacionados à instabilidade global, considera-se relevante uma discussão, mesmo que breve, dos problemas de instabilidade possíveis de ocorrer nas estruturas das edificações. Estes problemas são: o problema de instabilidade com bifurcação do equilíbrio, o problema de ponto limite e o problema de segunda ordem.

Cujos conceitos e formulações são, sem dúvidas, do conhecimento de quantos estão a concluir o curso de graduação em engenharia civil.

4.2. Considerações sobre a não-linearidade física e geométrica

Pode-se considerar de maneira simples que a análise não linear ou de segunda ordem consiste em um cálculo cuja resposta da estrutura, seja ela em deslocamentos, em esforços ou tensões, possui comportamento não linear, ou seja, não se verifica uma proporcionalidade entre as grandezas acima referidas e o carregamento aplicado quando este vai aumentando. Tal comportamento caracteriza as estruturas verticais solicitadas por ações laterais. No caso dos edifícios de concreto armado submetidos, por exemplo, a ação do vento, este comportamento é facilmente verificável. Portanto, para que a análise estrutural seja a mais realista possível, deve sempre que necessário levar em conta seus efeitos.

“O comportamento não linear é resultado basicamente de dois aspectos que são intrínsecos a todas as estruturas reais em concreto armado: a não-linearidade física (NLF) e a não-linearidade geométrica (NLG).” (Bueno, 2009, p. 22).

4.2.1. Não-linearidade física

A não linearidade física (NLF) é o fenômeno correspondente a uma relação de não-proporcionalidade entre a tensão aplicada e a deformação sofrida pelo material. Esse comportamento está ligado à característica não-linear do material, sendo, em geral, representada nas equações constitutivas ou reologias do dito material.

Para simular a perda de rigidez devido a NLF, a ABNT NBR 6118:2014 recomenda a utilização de fatores de redução da rigidez flexional específicos para lajes, vigas e pilares, quando do estudo da estabilidade global. Estes fatores estão indicados no item 15.7.3 da norma mencionada. São eles:

- Lajes: $(EI)_{sec} = 0,3. E_{ci}I_c$
- Vigas: $(EI)_{sec} = 0,4. E_{ci}I_c$ – para $A_{s'} \neq A_s$
 $(EI)_{sec} = 0,5. E_{ci}I_c$ – para $A_{s'} = A_s$
- Pilares: $(EI)_{sec} = 0,8. E_{ci}I_c$

E_{ci} – módulo de elasticidade tangente inicial do concreto, I_c – momento de inércia da seção bruta de concreto, $A_{s'}$ – armadura de compressão, no caso de vigas com armadura dupla A_s – armadura de tração.

Em versões anteriores da norma ABNT NBR 6118, especificamente nas versões dos anos de 2003 e 2007, a redução da rigidez para efeito de análise global poderia ser feita através de um único fator (F_R), igual a 0,70 para vigas e pilares, de modo que a rigidez equivalente seria

dada por: $(EI)_{sec} = 0,7 \cdot E_{ci} I_c$. Essa condição seria permitida se a estrutura de contraventamento responsável fosse composta por vigas e pilares e o coeficiente γ_z calculado menor que 1,3.

Porém, não se deve esquecer que os valores de rigidez reduzida da estrutura analisada são aproximados, pois, por exemplo, na realidade não se tem o valor constante de $0,7 \cdot E_{ci} I_c$ ou $0,8 \cdot E_{ci} I_c$ ao longo da altura do edifício ou mesmo para cada lance de pilar da estrutura. Os lances de pilar possuem diferentes valores de rigidez, mas se adotam tais valores como uma média que simula bem a variação da rigidez desses elementos estruturais do edifício na sua totalidade.

Portanto, por esse motivo, são utilizados somente para análise global, e não podem ser usados para uma análise local. (Moncayo, 2011).

4.2.2. Não-linearidade geométrica

Estruturas submetidas a ações dos carregamentos se deformam e se deslocam até atingirem nova posição de equilíbrio, agora, não mais na configuração inicial indeformada e indeslocada. Ao serem analisadas na configuração deformada e deslocada está levando em conta a não linearidade geométrica NLG no seu comportamento, pois os esforços e as solicitações deles decorrentes são alterados pelo estado de deformação da estrutura, mesmo para os materiais elástico-lineares. Assim, pode-se dizer que a NLG decorre, justamente, da consideração da desproporcionalidade entre causa e efeito, verificada nas estruturas analisadas nas configurações deformadas e deslocadas.

Em resumo, os efeitos da NLG são determinados quando se analisa a estrutura em sua configuração deformada e deslocada

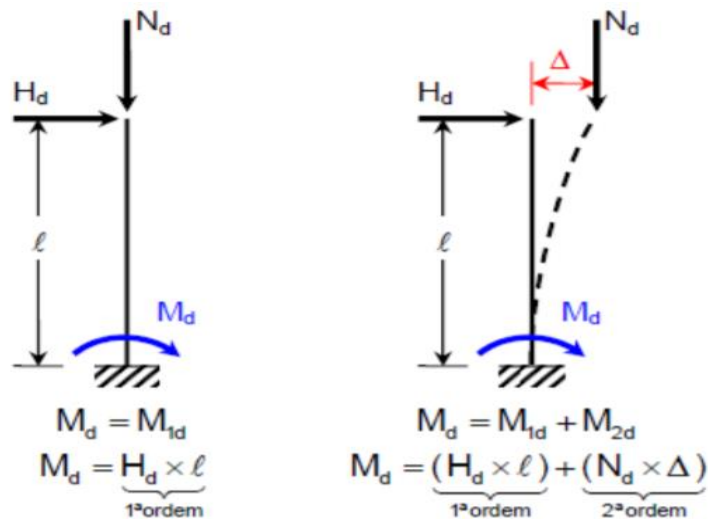
Pinto (1997, p.2), observa que a análise de estruturas sob a consideração da NLG pode ser realizada de forma muito mais simples que sob a condição da NLF, não sendo necessária, em muitos casos, a utilização de procedimentos mais refinados de análise.

Com a utilização do coeficiente γ_z para a avaliação da necessidade de se considerar ou não os efeitos da NLG na análise da estrutura e da amplificação das ações horizontais nas combinações analisadas, podemos obter também a estimativa do acréscimo de esforços decorrentes da NLG, como também realizar a estimativa dos esforços finais da estrutura, caso o valor do coeficiente γ_z não ultrapasse 1,30, através da multiplicação do valor do coeficiente pelos esforços de primeira ordem calculados, sendo este um método com grande simplificação para consideração da NLG.

Com o auxílio da Figura 4.1 pode-se explicar como ocorre a NLG: A estrutura na configuração indeformada sob o carregamento vertical N_d e horizontal H_d está submetida ao momento fletor de 1ª ordem, M_{1d} , decorrente do carregamento horizontal. Este, por sua vez, provocará o deslocamento Δ no topo da estrutura. Com a estrutura na posição deformada, surgirá o momento de 2ª ordem, M_{2d} , gerado pelo carregamento vertical N_d atuando no deslocamento Δ propiciando o surgimento da NLG.

É importante observar que os efeitos da NLG ocorrem com maior intensidade em estruturas altas e flexíveis, sendo, por isto mesmo, importante a verificação da necessidade da consideração destes efeitos devido à possibilidade de se verificarem deslocamentos horizontais excessivos que podem comprometer a estabilidade global destas estruturas. Em estruturas rígidas e de pouca altura, a NLG pode ser desprezada por provocar pequenos efeitos, de acordo com Pinto e Ramalho (2002, p.183).

Figura 4.1 – Efeito da NLG provocando momento fletor de 2ª ordem



Fonte: Silva (2018, p.5)

Para Oliveira (1998, p.25) a ocorrência de excessivos deslocamentos nas edificações altas, podem provocar danos em elementos estruturais e não estruturais, além de comprometer a estabilidade global da estrutura, sendo necessária a adoção de estudos para que o sistema estrutural de contraventamento seja dotado de rigidez suficiente para garantir a sua segurança e por consequência a segurança de toda a edificação.

Cruz, Ferreira e Lucena (2019, p.187) comentam que, caso a estrutura seja classificada como de nós deslocáveis, de acordo com o valor do parâmetro α , sua análise deve ser realizada considerando o comportamento não linear físico e geométrico da estrutura, pois nesta situação

não é possível desconsiderar a indeslocabilidade do sistema estrutural de contraventamento, de toda a estrutura da edificação e da própria edificação.

4.3. O sistema estrutural da edificação

A subestruturação é uma técnica bastante empregada na análise estrutural. Em muitos projetos de edifícios feitos no Brasil é empregada largamente esta técnica de dividir a estrutura global nas suas partes. Onde inicialmente são verificadas, de forma individual, as lajes, em seguida as vigas e por último os pilares. É comum dividir o problema estrutural, que é bastante complexo, em subestruturas menores, para no final fazer uma análise conjunta e verificar a compatibilização entre elas. Se comparar com a estrutura de um avião, inicialmente se verifica as asas, depois a fuselagem e finalmente uma análise, em conjunto, de tudo.

4.4. As subestruturas e a estabilidade global

De acordo com Fusco, citado por Cruz, Ferreira e Lucena (2019, p. 41), a estrutura global de uma edificação deve ser dividida em dois grupos: o sistema estrutural (ou subestrutura) de contraventamento – SEC e o sistema estrutural (ou subestrutura) contraventado – SC. Em se tratando de subestrutura contraventada pode-se dizer ser aquela que resiste apenas às cargas verticais garantindo a estabilidade local e localizada, já a subestrutura de contraventamento resiste às ações verticais e também às horizontais e devem garantir além da estabilidade local e localizada, a estabilidade global de toda a estrutura e conseqüentemente da edificação. Assim, para resistir às ações horizontais, a subestrutura de contraventamento deverá ser dimensionada de modo a contar com rigidez suficiente para garantir (preferencialmente) a indeslocabilidade do edifício, ou seja, não apresentando deslocamentos consideráveis. Isso é verificado por testes de deslocabilidade lateral do edifício aos quais são submetidos justamente a subestrutura de contraventamento.

Das ações laterais a mais relevante para a análise, é, em geral, oriunda dos efeitos do vento, a força do vento, mas também existem as cargas horizontais ocasionadas pelos terremotos e pelo desaprumo da estrutura.

Dos tipos estruturais, os mais adequados portanto, os mais eficientes para garantir a estabilidade global da estrutura, são os pórticos, os pilares paredes e os núcleos de rigidez.

A estrutura de contraventamento pode ser de nós fixos ou móveis. De nós fixos é aquela que apresenta deslocamentos horizontais muito pequenos, que podem ser considerados

desprezíveis. As estruturas desse tipo podem ser analisadas através de métodos cuja formulação adotada é linear ou de primeira ordem. Enquanto as estruturas de nós móveis, em geral, devem ser submetidas a análises de segunda ordem.

4.4.1. Pórticos rígidos

Na área de estruturas é possível distinguir como uma subárea específica a chamada de estruturas de edifícios. Essa subárea, estruturas de edifícios, na qual são estudadas as melhores opções para o modelo estrutural a ser adotado e, portanto, como dispor os elementos estruturais de modo a se obter uma estrutura eficiente, isto é: econômica e segura.

O sistema estrutural de contraventamento de cada edifício pode ser definido como um único pórtico espacial (com a participação das lajes ou não), ou como dois sistemas estruturais (o sistema estrutural de contraventamento - SEC e o sistema estrutural contraventado - SC) cada um deles composto por elementos verticais planos trabalhando em planos paralelos entre si, segundo duas direções ortogonais estabelecidas na projeção horizontal da edificação. Seja qual for a definição dada, um único pórtico espacial ou um conjunto de pórticos planos e pilares-parede, estas subestruturas podem ser classificadas como de nós fixos (praticamente indeslocáveis) ou de nós deslocáveis. As primeiras definem sistemas estruturais rígidos e os outros sistemas estruturais deslocáveis ou flexíveis. Os elementos aporticados por apresentarem, em geral, elevados graus de hiperstaticidade conferem a estrutura um grau de segurança maior. Elementos específicos da estrutura podem atingir algum estado limite (ELS ou ELU) e mesmo assim, devido a sua hiperstaticidade, os esforços podem se redistribuir ao longo da estrutura e acabar retardando ou até mesmo impedindo o seu colapso.

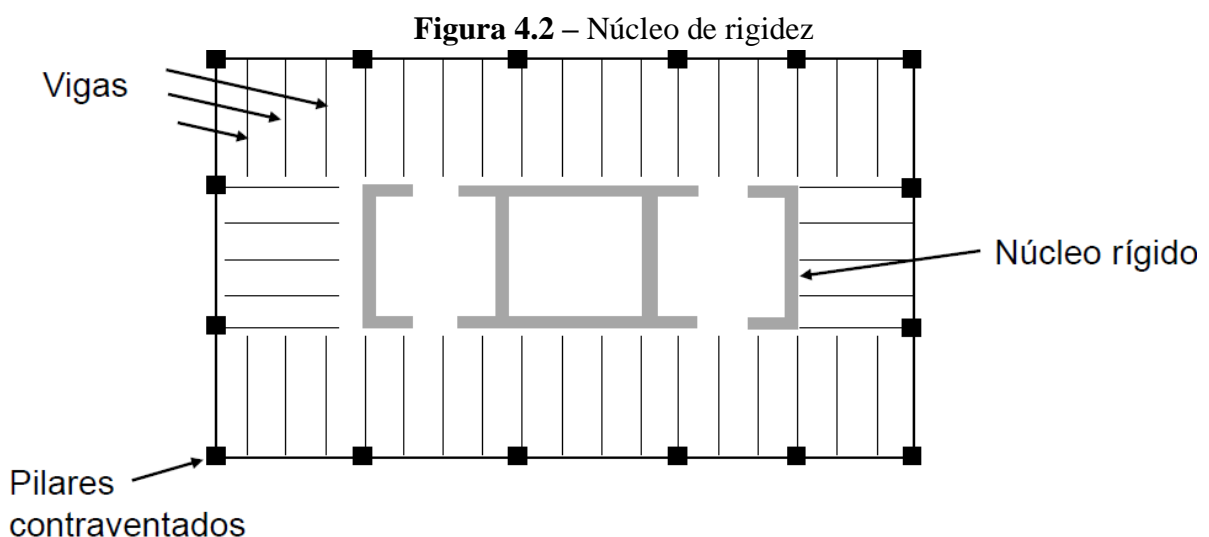
No caso dos pórticos, a sua rigidez lateral é governada pela rigidez a flexão das vigas e dos pilares individualmente. Essa rigidez a flexão está associada com o módulo de elasticidade do material, o momento de inércia em relação ao eixo de flexão adequado, ao vão das vigas e aos lances dos pilares. Pensando em termos de estruturas de edifício tradicionais, normalmente com o pé direito da ordem de três metros e os vãos das vigas em torno de seis metros. Neste caso com os lances dos pilares menores que os vãos das vigas, estas tendem a ser mais flexíveis do que os pilares propiciando maiores deslocamentos laterais do pórtico. Sendo a deslocabilidade dos pórticos indesejável, procura-se aumentar sua rigidez lateral através do aumento da seção transversal das vigas. Isso, porém, nem sempre é possível devido, por exemplo, às limitações arquitetônicas.

4.4.2. Paredes de cisalhamento

São paredes estruturais de dimensões consideráveis e são normalmente dispostas ao redor do elevador ou da caixa da escada e elas formam um elemento bastante rígido que absorve a carga do vento.

4.4.3. Núcleo rígido

Consiste em dispor a estrutura de contraventamento, normalmente no centro do edifício, como também ao redor das escadas e elevadores. E esse núcleo será projetado integralmente para absorver todas ou quase todas as cargas horizontais. Em se fazendo uma planta baixa no estilo da figura abaixo, representando tipicamente um edifício comercial, o entorno da edificação próximo as fachadas têm as regiões onde ficarão, por exemplo, os escritórios. Logo é conveniente ter poucos pilares na fachada, para com isso, ter vão grandes para melhor aproveitamento dos espaços. Nesse sentido é conveniente se prevê nessas áreas os pilares contraventados, ou seja, sem força do vento. Já na parte central do edifício, se posiciona um núcleo, em concreto armado, por exemplo, e esse núcleo é projetado para absorver integralmente a força do vento. Então basicamente se agrupa uma série de pilares-parede e se forma um núcleo rígido. É uma ótima solução em caso de edifício comercial porque isso garante a flexibilidade do layout nas áreas dos escritórios. Como desvantagem desse tipo de estrutura, cita-se a necessidade de empregar uma fundação muito grande, pois esse elemento absorve toda a força do vento.

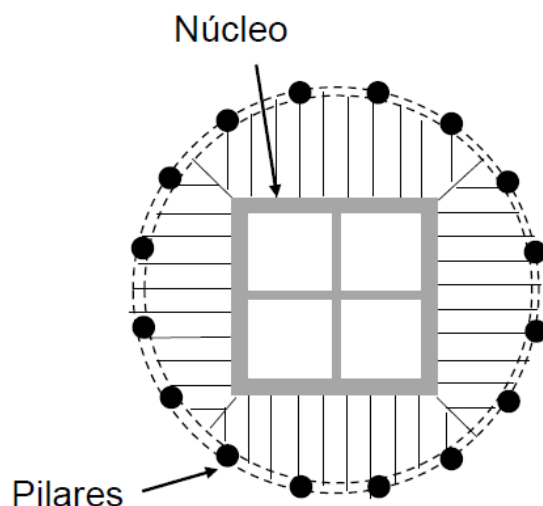


Fonte: Carine (2018)

4.4.4. Sistema tubular

Enquanto o núcleo rígido concentra a estrutura de contraventamento no centro do edifício, o sistema tubular concentra a subestrutura de contraventamento na fachada do prédio. Na figura, tem em preto os pilares da fachada que são considerados como parte da estrutura de contraventamento. Em toda a fachada se coloca uma enorme quantidade de pilares e eles são ligados por vigas formando pórticos e esses pórticos das fachadas são projetados para absorver integralmente a força do vento. Como consequência, os pilares da parte interna do edifício podem ser pilares contraventados. Eles podem ser projetados apenas para cargas verticais garantindo que eles tenham uma esbeltez maior e dando um maior aproveitamento dos pilares desta área. Em geral um edifício alto se emprega mais de uma subestrutura de contraventamento. Pensando no World Trade Center, ele tinha um núcleo no seu centro e tinha também um sistema tubular na sua fachada. A distância entre os pilares da fachada era em torno de um metro, apenas. Então tinha uma quantidade enorme de pilares na fachada, tudo isso para garantir a estabilidade do edifício. Outro exemplo são as Torres Petronas, elas têm na sua periferia pilares circulares feito em estruturas mista de aço e concreto e no centro tem um núcleo rígido em concreto armado. Os edifícios altos, possuem sempre uma associação de diversas subestruturas de contraventamento. E a subárea dentro da parte de estruturas que estuda a forma mais eficiente de posicionar esses elementos é chamada de estruturas de edifício. Existem outros tipos de subestruturas, mas não serão comentadas neste trabalho.

Figura 4.3 - Núcleo de rigidez e foto-maquete do edifício



Fonte: Carini (2018)

4.5. Os parâmetros para avaliação da indeslocabilidade lateral das estruturas

A grande esbelteza dos edifícios modernos que em geral está associada a grandes alturas, os tornam fortes candidatos a apresentarem deslocamentos laterais não desprezíveis. Em razão desses deslocamentos os efeitos de 2ª ordem passam a ser consideráveis requerendo que a análise da estrutura seja realizada considerando-a na estrutura deslocada. Isto é, submetendo-a a Análise Não-Linear (ANL). Este tipo de análise, que deve contemplar a aspectos do material – a Análise com Não Linearidade Física (ANLF) e da geometria da estrutura – Análise com Não Linearidade Geométrica (ANLG), como se sabe, é mais trabalhosa, demandando maior tempo e dedicação do Engenheiro responsável pelo projeto estrutural da edificação – a quem referimos como *o Calculista* ou *o engenheiro de estruturas*, elevando o custo final da obra.

Assim, o engenheiro de estruturas ao proceder à análise da estabilidade global da edificação em estudo procura tornar a sua estrutura rígida o suficiente para que as grandezas envolvidas no dimensionamento de tal edifício, possam ser obtidas em análise de 1ª ordem. Isto significa que os deslocamentos laterais esperados para a estrutura, obtidos de análise de ELU, sejam realmente muito pequenos. A questão que de imediato vem à tona é: como identificar deslocamentos muito pequeno?

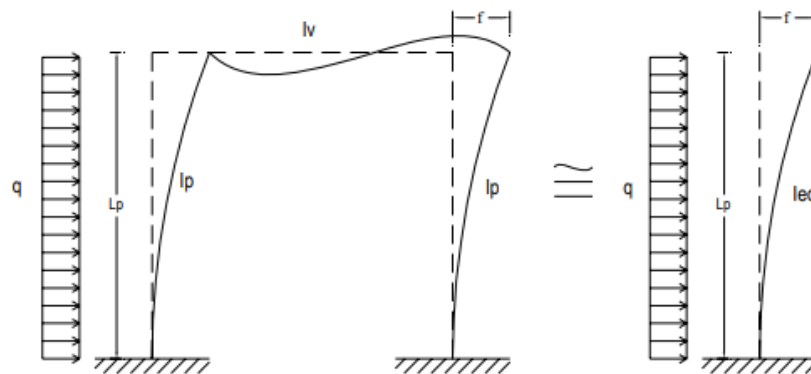
Como resultado de estudo e de pesquisa ao longo dos últimos 50 anos, alguns parâmetros foram apresentados com o objetivo de ajudar aos calculistas a identificar de maneira rápida e segura os limites a serem adotados para que os deslocamentos pudessem ser considerados muito pequenos. Entre estes parâmetros a ABNT NBR 6118:2003 passou a recomendar o chamado Parâmetro de Instabilidade Global Alfa e o Coeficiente Gama-Z. Quando a versão de 2007 dessa norma entrou em vigor, as recomendações relativas à utilização desses parâmetros permaneceram e assim foi até que a nova versão de 2014 passou a vigorar, trazendo algumas alterações relativas ao cálculo.

4.5.1. O Parâmetro Alfa

O Parâmetro Alfa foi idealizado pelos pesquisadores Beck e König no ano de 1967, representando, uma grande revolução para a engenharia estrutural. Baseados na teoria de Euler, esse parâmetro é recomendado pela ABNT NBR 6118:2014 como um dos possíveis critérios para desconsideração da não linearidade geométrica global nos elementos estruturais de contraventamento.

Para a formulação dessa teoria, os autores interpretaram a estrutura de um edifício com andares igualmente espaçados como um único pilar engastado na base e livre no topo, submetido a cargas verticais e horizontais distribuídas em toda a sua altura. O módulo de rigidez desse pilar foi considerado igual à soma de todas as rigidezes dos pilares originais, apresentava comportamento elástico-linear, além disso apresentava os mesmos deslocamentos laterais. Tal procedimento é ilustrado na figura 4.4.

Figura 4.4 - Rigidez equivalente do pórtico



Fonte: Bueno (2009; p. 34)

Dessa maneira, surgiu o Parâmetro de Instabilidade Alfa:

$$\alpha = H \sqrt{\frac{P_k}{EI_k}} \quad (4.1)$$

Sendo:

H : altura total da estrutura, medida a partir do topo da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo;

P_k : soma de todas as cargas verticais atuantes na estrutura, a partir de H

EI_k : somatório dos valores de rigidez de todos os pilares na direção considerada.

Em Junior et al. (2016; p.13), a obtenção do valor de $\alpha_{cr} = H \sqrt{\frac{P_{cr}}{EI_k}}$ em função da carga de Euler, P_k , é alcançada pela substituição do $P_k = \frac{7,84EI}{H^2}$ donde se obtém o valor $\alpha_{cr} = 2,80$.

O módulo de EI_k é obtido considerando a seção bruta dos pilares, e o módulo de elasticidade, através, das expressões apresentadas na mesma norma, ou seja, na NBR 6118.

Com o resultado do parâmetro α é possível a verificação da dispensa ou não dos efeitos de segunda ordem, porém a avaliação desses efeitos na estrutura deformada não é obtida com ele, representando uma grande desvantagem para esse método.

A rigidez EI_k da expressão original para o cálculo do Parâmetro Alfa foi substituído por $EI_{equiv,k}$, pois passou a representar uma rigidez flexional equivalente diferentemente do que era representado por EI_k . Assim, o Parâmetro Alfa pode ser determinado para qualquer estrutura pela equação:

$$\alpha = H_{tot} \sqrt{\frac{N_k}{(EI)_{equiv}}} \quad (4.2-a)$$

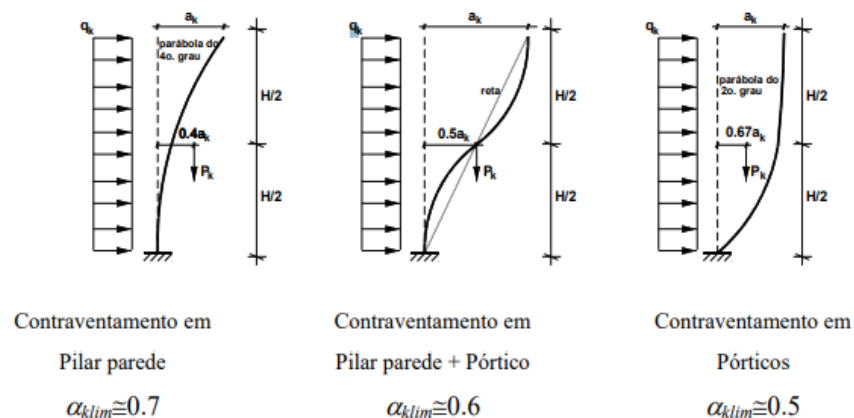
ou com a notação mais usada entre nós:

$$\alpha = H_{tot} \sqrt{\frac{\sum F_{vk}}{(EI)_{SEC}}} \quad (4.2-$$

b)

Franco observa que o valor de α varia em função da composição do sistema estrutural de contraventamento (SEC) da estrutura, como mostra a figura 6. Essa diferença é decorrente das mudanças que ocorrem na linha elástica de cada SEC.

Figura 4.5 - Variação do parâmetro de acordo com SEC



Fonte: Andrade Neto (2013; p. 33)

A NLF causada pela fissuração e pelo comportamento não-linear do concreto na compressão já está contemplada na equação no parâmetro α (Moncayo, 2011). O autor expõe que o comportamento não linear não é provocado puramente pela fissuração, pois o concreto

quando submetido a esforços compressivos já apresenta um comportamento característico não linear.

Se o valor calculado de α for menor ou igual a α_1 , a influência da deslocabilidade global pode ser ignorada e a estrutura considerada de nós fixos, caso contrário, é classificada como de nós móveis sendo obrigatória a consideração dos efeitos dos deslocamentos horizontais na análise da estrutura.

As estruturas de nós fixos são aquelas em que os esforços de segunda ordem podem ser desprezados, pois representam menos de 10% dos de primeira ordem. As estruturas que são classificadas como de nós móveis apresentam esforços de segunda ordem maiores que 10% dos, de primeira, sendo, portanto, de consideração obrigatória.

Apesar da ideia sugerida pela nomenclatura, as estruturas classificadas como de nós fixos também apresentam deslocamentos horizontais, porém esses são tão insignificantes que podem ser ignorados. Já as estruturas classificadas como de nós móveis não apresentam deslocamentos horizontais de grande magnitude, porém a desconsideração desses pode acarretar prejuízos estruturais à edificação.

O valor de α_1 é calculado pela equação abaixo:

$$\alpha_1 = 0,2 + 0,1n$$

$$\alpha_1 = 0,6 \quad (4.3 - a \text{ e } b)$$

A primeira equação refere-se a edificações com o número de pavimentos, n , menor ou igual a 3. A segunda é aplicada quando a quantidade de pavimentos for maior que 3.

4.5.2. O Coeficiente Gama-Z

O coeficiente γ_z estima os esforços de segunda ordem pela majoração dos esforços de primeira ordem, sendo uma maneira simples de calcular a estabilidade global de um edifício. A norma ABNT NBR 6118:2014 atribui ao coeficiente a avaliação da ocorrência ou não dos esforços globais de segunda ordem para estruturas reticuladas com no mínimo quatro pavimentos, pois ainda não se sabe qual coeficiente redutor da rigidez de pilares deve ser utilizado para a consideração da não-linearidade física de forma aproximada em edifícios que não atendem a esse requisito. Para edificações com menos de quatro pavimentos, é sugerido a verificação da estabilidade pelo parâmetro α e o processo P-delta para a avaliação dos efeitos de segunda ordem.

O valor de γ_z é obtido pela análise de primeira ordem para cada caso do carregamento a ser considerado pela seguinte equação:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{\text{tot,d}}}{M_{1,\text{tot,d}}}} \quad (4.4)$$

Sendo:

$M_{1,\text{tot,d}}$: soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, com valores de cálculo, em relação à base da estrutura.

$\Delta M_{\text{tot,d}}$: soma da multiplicação das forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada e com valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação.

O γ_z , foi introduzido em 1991 por Franco e Vasconcelos como citado em Junior et al (2019, p. 134) e representa, por definição, a relação entre dois momentos, Eq. (4.4), com valores de cálculo, obtidos para uma mesma seção na qual o numerador é calculado com a consideração da análise não-linear e o denominador, através de análise linear, sendo por isso mesmo chamado de Coeficiente Gama-Z.

Assim, apenas a partir de 2004 é que a NBR 6118 passou a trazer recomendações sobre o problema da estabilidade global bem como sobre a obrigatoriedade da consideração do efeito do vento e do desaprumo da estrutura. Nesta mesma norma o uso do parâmetro α e do coeficiente γ_z foi recomendado como ferramenta para a avaliação aproximada da estabilidade global. Na NBR 6118:2014 as considerações sobre à utilização do parâmetro de instabilidade global α estão no subitem 15.5.2 enquanto as relativas ao coeficiente γ_z , no subitem 15.5.3.

Neste contexto é oportuno citar a explicação de Cruz, Ferreira e Lucena (2019; p. 134):

O parâmetro γ_z , assim como o parâmetro de instabilidade global α , possibilita ao calculista avaliar a necessidade de se considerar os efeitos de 2ª ordem na análise global das estruturas. Além disso, ele quantifica a correção a ser feita, quando necessário, em cada um dos esforços calculados na análise de 1ª ordem, de modo que a Não-Linearidade Física (NLF) e a Não-Linearidade Geométrica (NLG) no comportamento estrutural e os efeitos delas decorrentes sejam razoavelmente computados.

Por definição o coeficiente γ_z , Eq. 4.5, representa a relação entre valores de momentos calculados com a formulação não-linear física e geométrica e através da formulação linear.

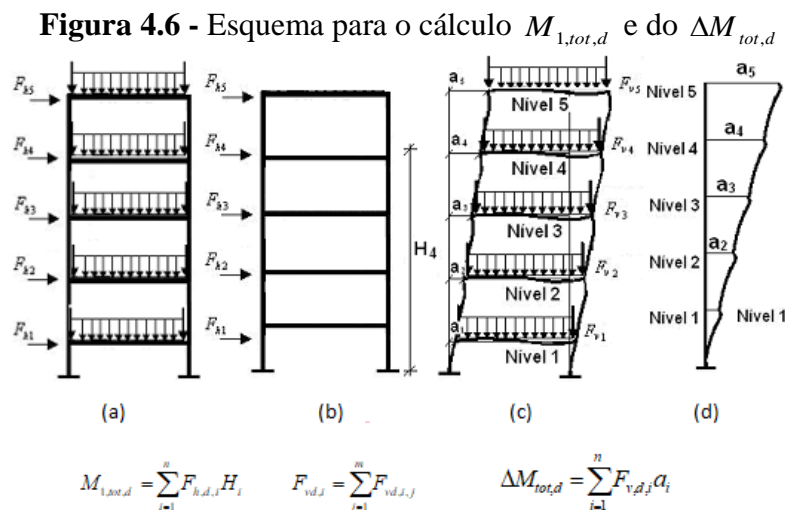
$$\gamma_z = \frac{M_{Tot,d}}{M_{1^a,d}} \quad (4.5)$$

Sendo, $M_{Tot,d} = M_{1^a,d} + M_{2^a,d}$, então:

$$\gamma_z = \frac{M_{1^a,d} + M_{2^a,d}}{M_{1^a,d}} \Rightarrow \gamma_z = 1 + \frac{M_{2^a,d}}{M_{1^a,d}} \quad (4.6)$$

$M_{2^a,d} = \Delta M_{1^a,d}$ corresponde à parcela acrescida ao momento de 1ª ordem cujo valor é dividido por $M_{1^a,d}$. Como indicado na Eq. (4.6).

A hipótese principal considerada na sua formulação admite como explicado em Vasconcelos (1991) citado em Junior et al (2019, p. 136), que as sucessivas configurações da linha elástica, provocadas pela ação de carregamento vertical na estrutura com os nós deslocados, se sucedem como uma progressão geométrica (PG) de razão q , sendo decrescente no caso das estruturas ditas convergentes, isto é, das que convergem para uma configuração deformada de equilíbrio estável e, crescentes no caso das divergentes (CEB-FIP Manual of Buckling and Instability, 1978, p.66).



Fonte: Adaptado de Cruz, Ferreira e Lucena (2019, p.139)

A Figura 4.6 mostra esquema para o cálculo do coeficiente γ_z de acordo com a NBR 6118, em vigor.

O coeficiente γ_z passou a ser recomendado pelo CEB-90, com a definição dada pela Eq. (4.6), e pela NBR 6118 a partir do ano de 2003 com a notação dada pela Eq. (4.7), onde é referido como Coeficiente de Avaliação da Importância dos Esforços de 2ª Ordem Globais ou Coeficiente de Majoração dos Esforços Globais.

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (4.7)$$

No subitem 15.5.3 da NBR 6118:2014 lê-se o seguinte sobre o γ_z :

[...] é válido para estruturas reticuladas de no mínimo quatro andares. Ele pode ser determinado a partir dos resultados de uma análise linear de primeira ordem, para cada caso de carregamento, adotando-se os valores de rigidez dados em 15.7.3 [...].

As versões de 2003, 2007 e a atual, a NBR 6118:2014, adotam a mesma expressão que a NBR 6118:1994. Inclusive a utilização do γ_z , ou melhor, de $0,95\gamma_z$ como amplificador das ações horizontais para obtenção através de uma análise linear (1ª ordem) das solicitações como se tivesse sido calculadas considerando o comportamento Não-Linearidade Física e Geométrica da estrutura (NLFG). Isto é, sob os efeitos de 2ª ordem.

É importante observar que a formulação apresentada para a avaliação do Gama-Z leva em conta apenas os efeitos da NLG. A consideração da NLF no cálculo deste coeficiente é feita reduzindo o EI dos elementos da estrutura. Cada uma das três versões da NBR 6118 acima citadas recomenda os mesmos critérios para a redução da rigidez flexional da estrutura tal como indicado no subitem 15.7.3 da NBR 6118:2014. Estes critérios foram indicados por Silva (1995) e Franco (1995) conforme Oliveira (2007; p.13):

- Pilares: $I = 0,8 I_g$;
- Vigas com armadura nas duas faces: $I = 0,5 I_g$;
- Vigas com armadura em uma face: $I = 0,4 I_g$;
- Lajes: $I = 0,3 I_g$

Em que I é a inércia reduzida e I_g a inércia da seção bruta. No entanto, durante a vigência da NBR 6118:2003 e da NBR 6118:2007, permitia-se também o uso de um fator único de redução para a rigidez a flexão das vigas e pilares, $F_R = 0,70$.

4.5.3. Condições de aplicação, limites e seus significados e a definição matemática dos parâmetros α e γ_z

4.5.3.1. Do parâmetro de instabilidade global α

- Condições de aplicação

Sobre este tema a ABNT NBR 6118:2014, no seu subitem 15.5.2, esclarece que a aplicabilidade deste parâmetro é permitida apenas para estruturas reticuladas e simétricas.

- **Limites e seus significados**

Ainda no subitem acima referido, tem-se que: “Uma estrutura reticulada simétrica pode ser considerada como sendo de nós fixos se seu parâmetro de instabilidade α for menor que o valor α_1 ”.

Neste subitem, 15.5.2, vê-se ainda que:

$$\alpha_1 = 0,2 + 0,1n \text{ se: } n \leq 3$$

$$\alpha_1 = 0,6 \text{ se: } n \geq 4$$

n é o número de níveis de barras horizontais (andares) acima da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo.

- **Definição matemática**

Mais uma vez, do subitem 15.5.2, tem-se:

$$\alpha = H_{tot} \sqrt{\frac{N_k}{E_{cs} I_c}}$$

H_{tot} é a altura total da estrutura, medida a partir do topo da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo;

N_k é o somatório de todas as cargas verticais atuantes na estrutura (a partir do nível considerado para o cálculo de H_{tot}), com seu valor característico;

$E_{cs} I_c$ representa o somatório dos valores de rigidez de todos os pilares na direção considerada.

No caso de estruturas de pórticos, de treliças ou mistas, ou com pilares de rigidez variável ao longo da altura, pode ser considerado o valor da expressão $E_{cs} I_c$ de um pilar equivalente de seção constante.

O valor de I_c deve ser calculado considerando as seções brutas dos pilares.

A rigidez do pilar equivalente deve ser determinada da seguinte forma:

— Calcular o deslocamento do topo da estrutura de contraventamento, sob a ação do carregamento horizontal na direção considerada;

— Calcular a rigidez de um pilar equivalente de seção constante, engastado na base e livre no topo, de mesma altura H_{tot} , tal que, sob a ação do mesmo carregamento, sofra o mesmo deslocamento no topo.

O valor-limite $\alpha_1 = 0,6$ prescrito para $n \geq 4$ é, em geral, aplicável às estruturas usuais de edifícios.

Para associações de pilares-parede e para pórticos associados a pilares-parede, adotar $\alpha_1 = 0,6$.

No caso de contraventamento constituído exclusivamente por pilares-parede, adotar $\alpha_1 = 0,7$. Quando só houver pórticos, adotar $\alpha_1 = 0,5$.

4.5.3.2. Do chamado coeficiente γ_z

- **Condições de aplicação do γ_z**

Sobre as condições de aplicação do coeficiente γ_z de avaliação da importância dos esforços de segunda ordem globais (também referido como coeficiente γ_z), a ABNT NBR 6118:2014, recomenda no seu subitem 15.5.3: “é válido para estruturas reticuladas de no mínimo quatro andares.” E, continua: “Ele pode ser determinado a partir dos resultados de uma análise linear de primeira ordem, para cada caso de carregamento, adotando-se os valores de rigidez dados em 15.7.3.”. Neste subitem 15.7.3, lê-se: — lajes: $(EI)_{sec} = 0,3 E_c I_c$ — vigas: $(EI)_{sec} = 0,4 E_c I_c$ para $As' \neq As$ e $(EI)_{sec} = 0,5 E_c I_c$ para $As' = As$ — pilares: $(EI)_{sec} = 0,8 E_c I_c$.”. Ainda neste subitem, informa-se que: “ I_c é o momento de inércia da seção bruta de concreto, incluindo, quando for o caso, as mesas colaborantes. E_c é o valor representativo do módulo de deformação do concreto conforme 15.5.1.”

Verifica-se em numerosos casos estudados e apresentados na literatura técnica pertinente que a utilização do coeficiente $\gamma_z \leq 1,30$ é um procedimento bastante confiável. Os resultados obtidos através da sua aplicação têm apresentados valores muito bons do ponto de vista prático. E estes, “são tanto melhores à medida em que sua utilização ocorre com as chamadas estruturas *regulares* ou *bem-comportadas*”. (Carmo, 1995; p.54).

As estruturas *regulares* ou *bem-comportadas*, neste contexto, são aquelas em que:

- a) não ocorre mudança de inércias entre pavimentos, ou existindo que não seja brusca;
- b) não ocorram casos de transição de pilares em vigas, mesmo que seja por rotação de 90° da seção transversal desses pilares;
- c) não ocorram deslocamentos horizontais devidos ao carregamento vertical;
- d) os efeitos de torção são desprezíveis.

Além disso, segundo a autora supracitada a utilização do γ_z deve ser evitada nos casos em que alguns pilares sobem para apoiar lajes de tamanho reduzidos ou caixas d'água, bem como nos casos em que ocorram recalques não uniformes nas fundações.

- **Limites e seus significados**

Embora em Junior et al (2019; p.140) lê-se que são três os limites, considerados para o coeficiente, aqui serão considerados apenas dois. O primeiro é aquele que estabelece se os efeitos globais de 2ª ordem são ou não relevantes; o segundo limite indica o maior valor com o qual se pode utilizar o procedimento simplificado que simula os efeitos da NLFG nos resultados obtidos a partir de análises lineares e, o terceiro sugere uma definição para o valor máximo absoluto, o limite último para o coeficiente.

- **O coeficiente γ_z e a suficiência da análise linear**

De acordo com CEB-90 e com a NBR 6118:2014 não haverá necessidade de se considerar os efeitos globais de 2ª ordem sempre que:

$$\gamma_z \leq \gamma_{z1} = 1,10 \quad (4.8)$$

O limite apresentado na Eq. (4.8) encontra explicação na prática corrente entre os engenheiros, principalmente os calculistas, ao considerar desprezíveis erros não maiores que 10% no cálculo das grandezas envolvidas nos projetos estruturais. Procedimento que também é confirmado por códigos europeus, e por normas brasileiras.

Desse modo, observando a Eq. (4.6) e a Eq. (4.7), considera-se lícito apresentar o equacionamento que segue.

$$\gamma_z = \frac{M_{1,d} + \Delta M_{1,d}}{M_{1,d}} \leq \gamma_{z1} = 1,10 \quad (4.9)$$

Em que:

$$\Delta M_{1,d} \leq 0,10 M_{1,d} \quad (4.10)$$

Da Eq. (4.10), também conhecida como condição de imobilidade, conclui-se ser aceitável o limite $\gamma_{z1} = 1,10$ isto é que, $\gamma_z \leq \gamma_{z1}$, para se desprezar os efeitos de 2ª ordem (e a ANLG e ANLF), pois tal procedimento induz em geral a erros de até 10% no cálculo das solicitações e de outras grandezas envolvidos no projeto estrutural.

- **O valor do γ_z para o cálculo simplificado que considera os efeitos de 2ª ordem e o percentual do valor do γ_z a ser utilizado**

O cálculo simplificado para obtenção dos efeitos de 2ª ordem através da majoração das ações horizontais da combinação estudada é recomendado pela NBR 6118 desde a versão de 2003 até a atual, a de 2014. Esta norma na versão de 2014 define 1,30 como valor limite para este procedimento do aqui chamado γ_{z2} , entretanto, a definição desse valor vem suscitando uma boa discussão no meio técnico.

Apesar disto, desde a entrada em vigor da NBR 6118:2003 e nas suas atualizações em 2007 e 2014 recomenda-se que a aplicação do cálculo de simplificação dos efeitos de 2ª ordem seja aceitável nos casos em que $\gamma_z \leq 1,30$ ao qual se impõe uma redução de 5% do seu valor, utilizando, portanto, o valor $0,95\gamma_z$.

4.6. Relação entre o Alfa e o Gama-z

“A existência de uma correlação entre os parâmetros de instabilidade α e γ_z é sugerida por vários estudiosos do assunto” (Junior et al., 2019, p.143). Esta correlação é fundamentada no fato de que ambos os parâmetros serem formulados a partir da consideração do equilíbrio na configuração deformada da estrutura. Na sua Dissertação de Mestrado intitulada EFEITOS DE SEGUNDA ORDEM EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO, Carmo (1995, p.82) através de uma análise apropriada com 60 pares de valores ALFA-GAMA-Z estabeleceu uma correlação entre o Alfa e o Gama-Z através de uma equação do 3º grau representada na Eq. (4.11).

De acordo com Freitas, Luchi e Ferreira (2016; p.205), Mário Correa e Márcio Ramalho apresentaram uma expressão, Eq. (4.12), através da qual o coeficiente γ_z é correlacionado, de modo aproximado, ao parâmetro de instabilidade α , através de uma curva do 2º grau. Verifica-se que através de uma análise de regressão do segundo grau para os mesmos pares ALFA-GAMA-Z utilizados por Carmo (1995; p.82), também se obtém a Eq. (4.12).

$$\gamma_z = 0,46\alpha^3 - 0,62\alpha^2 + 0,52\alpha + 0,90 \quad (4.11)$$

$$\gamma_z = 0,50\alpha^2 - 0,33\alpha + 1,10 \quad (4.12)$$

Na literatura técnica pertinente, encontram-se outras expressões correlacionando o Alfa

ao Gama-Z, tais como a de Graziano (1998) (publicação do INSTITUTO DE ENGENHARIA (1997)), citado por Chinem (2010; p.84): $\gamma_z(\alpha) = \frac{1}{1-\gamma_{fv}\alpha}$ ou $\alpha^2(\gamma_z) = \frac{\gamma_z-1}{\gamma_{fv}\gamma_z}$ e a de Campoó, Corrêa e Ramalho (2005) que correlacionou os dois parâmetros para edificações de alvenaria estrutural, através da seguinte expressão: $\gamma_z = 0,137\alpha^2 - 0,379\alpha + 1,0103$.

Tal avaliação pode ser realizada em uma formulação linear a partir da majoração das ações horizontais da combinação considerada. Como decorrência da necessidade de maior volume de cálculos para a determinação deste coeficiente, e considerando a maior facilidade na obtenção do Alfa, expressões correlacionando as duas grandezas têm sido estudadas e apresentadas ao longo do tempo. Trabalhos de conclusão de curso recentemente publicados, atualizando as funções correlacionadoras apresentadas por Carmo (1995) e utilizando o conceito de coeficiente de redução equivalente, obtiveram várias equações através das quais se obtém valores do Coeficiente Gama-Z, não somente, em função do Parâmetro Alfa, mas considerando, também, o F_{ck} do concreto utilizado e o referido fator de redução equivalente - F_{Req} .

Desse modo, este TCC pode ser visto como uma complementação dos trabalhos apresentados por: Ana Ligia Cesar Maracajá, Welliton da Silva de Paiva e Welligton Felipe Bezerra Gomes, todos no ano de 2020. Pois, enquanto nestes trabalhos foram desenvolvidas equações necessárias e suficientes para a elaboração de tabelas e ábacos para aplicação nos problemas envolvendo os concretos de classe I, no TCC atual serão desenvolvidas equações e elaboradas tabelas que fornecerão valores do Coeficiente Gama-Z em função do Alfa, do F_{ck} e do valor do F_{Req} para os concretos de classe II.

No estudo realizado por Carmo (1995), a autora correlacionou o Coeficiente Gama-Z ao Parâmetro Alfa através de uma expressão polinomial do terceiro grau. Esta correlação é importante por possibilitar uma avaliação rápida desse coeficiente em função do Alfa. Pois, enquanto o Parâmetro Alfa é calculado através de uma expressão simples, que utiliza apenas o carregamento vertical, independente das combinações de ações a serem consideradas; o Coeficiente Gama-Z é calculado levando em conta as combinações estabelecidas com o carregamento horizontal e o vertical, atuantes na estrutura. Pois, para cada combinação deve ser calculado um Gama-Z.

A utilização desses parâmetros na verificação da estabilidade global tem por objetivo classificar a estrutura entre os dois tipos de interesse: de nós fixos ou móveis. No primeiro caso, a estrutura é indeslocável (ou quase indeslocável) horizontalmente, já no segundo caso, os deslocamentos são consideráveis, e como decorrência os efeitos de segunda ordem também.

Cruz, Ferreira e Lucena (2020). Segundo Kimura (2007), a estabilidade global da estrutura é inversamente proporcional à resistência da estrutura com relação aos esforços de segunda ordem, ou seja, quanto mais rígida for à estrutura, menores serão os seus deslocamentos horizontais, ou ainda, quanto maiores os efeitos de segunda ordem na estrutura, maior sua instabilidade.

O parâmetro de instabilidade α permite a classificação das estruturas como de nós fixos ou móveis, porém não consegue mostrar a magnitude dos efeitos de segunda ordem. O coeficiente γ_z representa uma forma mais completa de analisar a estrutura, pois além de possibilitar a classificação da estrutura quanto à deslocabilidade dos seus nós (como o Alfa), ele possibilita uma avaliação da intensidade desses efeitos.

No cálculo do coeficiente γ_z , Cruz, Ferreira e Lucena (2019, p.151) utilizam-se da combinação de carregamentos, por eles chamada de CB 1, (Eq. 4.13), embora este coeficiente deva ser calculado para cada uma das combinações de ELU a serem verificadas no projeto estrutural em andamento.

Nessas combinações são considerados coeficientes ponderadores de ações como o coeficiente de ponderação $\gamma_f = 1,4$ para ações permanentes desfavoráveis e variáveis gerais, e o coeficiente de combinação das ações $\psi_0 = 0,6$ considerando a ação do vento como variável secundária.

$$CB\ 1 = 1,4 * CC1 + 1,4 * 0,6 * CC2 \quad (4.13)$$

Dessas combinações de carregamentos participam ações horizontais que provocam deslocamentos nodais horizontais por vezes consideráveis nas estruturas que devem ser levados em conta na análise estrutural com a consideração dos efeitos da NLF.

Para a interpretação da redução da inercia dos pilares e das vigas a partir de percentuais diferentes (pois a utilização do fator de redução único $F_R = 0,70$ não é mais tolerada na ABNT NBR 6118 atual, utilizou-se o fator de redução equivalente (F_{Req}) para redução da rigidez flexional devido a NLF do concreto armado. Este fator foi utilizado em Maracajá (2020, p.54), que propôs sua utilização na obtenção das funções de correlação entre o Coeficiente Gama-Z e o Parâmetro Alfa. Trata-se de um fator de redução único que avalia o efeito da aplicação das diferentes reduções na rigidez para pilares e vigas. (Silva, 2020).

5. AS NOVAS CORRELAÇÕES ENTRE O ALFA E O GAMA-Z

As novas correlações entre o Parâmetro de Instabilidade Global Alfa e o Coeficiente Gama-Z serão obtidas a partir de atualizações dos pares Alfa-Gama-Z com os quais Carmo (1995) trabalhou. Estas correlações serão expressas em função do F_{Req} e do F_{ck} do concreto.

5.1. Expressões para as correções dos valores dos Parâmetros Alfa e Gama-Z

Para o estabelecimento das relações entre o Alfa e o Gama-Z, (Eq. 4.11 e 4.12), foi considerado $E_c \cong 30.000MPa$ que corresponde a $F_{ck} = 17,2MPa$ (com a definição dada na NB-1/78 e NBR 6118:1980) e a redução da rigidez a flexão para o cálculo do coeficiente γ_z obtida com o fator de redução, $F_R = 0,7$, único para a rigidez flexional das vigas e dos pilares. Tal opção era tolerada pela NBR 6118:2003 e 2007 e sugerida nos textos provisórios que antecederam a norma de 2003. O coeficiente de ponderação das ações verticais foi adotado igual à unidade e não igual ao valor 1,4, para a obtenção das equações Eq. (4.11) e Eq. (4.12). E a velocidade básica do vento igual à $V_0 = 38,0m/s$.

Neste trabalho são apresentadas novas equações, do terceiro e do segundo grau, que correlacionam os parâmetros em evidência, considerando a redução do EI para a simulação da NLF de acordo com o subitem 15.7.3, além do coeficiente de ponderação das ações verticais e horizontais igual à 1,4, (na combinação que considera o efeito do vento como variável secundária) tudo conforme recomendado pela NBR 6118:2014. É importante destacar que a quantificação dos módulos de deformação do concreto (que com a ABNT NBR 6118:1980 eram calculados como $E_{ci} = 6600\sqrt{F_{ck} + 3,5}$ e $E_{cs} = 0,9E_{ci}$ e, $E_{cs} = 0,85E_{ci}$ com a ABNT NBR 6118:2007) passaram a ser correlacionados com o F_{ck} através de novas expressões indicadas nas Eqs. (5.1-a; b; c e d), ao tempo em que os concretos classe II são considerados.

Para os concretos classe I, tem-se $20 \leq F_{ck}(MPa) \leq 50$

$$E_{ci}(MPa) = \alpha_E 5600 \sqrt{F_{ck}} \quad (5.1-a)$$

Para os concretos classe II, tem-se $55 \leq F_{ck}(MPa) \leq 90$

$$E_{ci}(MPa) = \alpha_E 21500 \left((F_{ck} + 12,5) / 10 \right)^{\frac{1}{3}} \quad (5.1-b)$$

$$E_{cs}(MPa) = \alpha_i E_{ci} \quad (5.1-c)$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2(F_{ck}/80) \leq 1 \quad (5.1-d)$$

$$\alpha_E(NBR6118:2014) = \begin{cases} 1,2 & \text{para basalto e diabásio} \\ 1,0 & \text{para granito e gnaiss} \\ 0,9 & \text{para calcário} \\ 0,7 & \text{para arenito} \end{cases}$$

Assim, os valores do parâmetro α e do coeficiente γ_Z utilizados por Carmo (1995) para a definição das correlações entre eles, necessitam de ajustes, posto que foram obtidas antes de 2014.

As correções no E_{cs} tendo em vista os ajustes do valor do Parâmetro Alfa podem ocorrer em resposta a dois aspectos:

- devido às alterações impostas pela norma atual em relação às recomendações vigentes em 1995;
- devido à mudança do F_{ck} .

Tais correções podem ser realizadas, respectivamente, através da Eq. (5.2-a) e (5.2-b).

$$\alpha_{(14)} = H \sqrt{\frac{N_k}{E_{cs(14)} I_c}} = H \sqrt{\frac{N_k}{E_{cs(80)} * \frac{E_{cs(14)}}{E_{cs(80)}} I_c}} = \sqrt{\left(\frac{E_{cs(14)}}{E_{cs(80)}}\right)^{-1}} \alpha_{(80)} \quad (5.2-a)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{(F_{ck}novo)} &= H \sqrt{\frac{N_k}{E_{cs(F_{ck}novo)} I_c}} = H \sqrt{\frac{N_k}{E_{cs(F_{ck}anterior)} * \frac{E_{cs(F_{ck}novo)}}{E_{cs(F_{ck}anterior)}} I_c}} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{E_{cs(F_{ck}novo)}}{E_{cs(F_{ck}anterior)}}\right)^{-1}} \alpha_{(F_{ck}anterior)} \end{aligned} \quad (5.2-b)$$

Os ajustes do valor do Coeficiente Gama-Z podem ocorrer em resposta a três aspectos, dois deles relacionados com o E_{ci} e o outro com os coeficientes de ponderação das ações verticais envolvidas na análise:

- devido às alterações impostas pela norma atual;
- devido à mudança do F_{ck} ;

c) em função do coeficiente de ponderação das ações verticais.

Tais correções podem ser realizadas, respectivamente, através da Eq. (5.3-a), (5.3-b) e (5.3-c).

$$\gamma_{Z(14)} = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{1,tot,d(14)}}{M_{1,tot,d(14)}}} = \frac{1}{1 - \frac{E_{ci(80)} \Delta M_{1,tot,d(80)}}{E_{ci(14)} M_{1,tot,d(80)}}} \quad (5.3-a)$$

$$\gamma_{Z(F_{cknovo})} = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{1,tot,d(F_{cknovo})}}{M_{1,tot,d(F_{cknovo})}}} = \frac{1}{1 - \frac{E_{ci(F_{ckanterior})} \Delta M_{1,tot,d(F_{ckantigo})}}{E_{ci(F_{cknovo})} M_{1,tot,d(F_{ckantigo})}}} \quad (5.3-b)$$

$$\gamma_{Z(\gamma_{fnovo})} = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{1,tot,d(\gamma_{fnovo})}}{M_{1,tot,d(\gamma_{fnovo})}}} = \frac{1}{1 - \frac{(\gamma_{fnovo}) \Delta M_{1,tot,d(\gamma_{fanterior})}}{(\gamma_{fanterior}) M_{1,tot,d(\gamma_{fanterior})}}} \quad (5.3-c)$$

Os índices utilizados nestas cinco últimas equações têm respectivamente os seguintes significados:

(14): a grandeza foi calculada de acordo com as recomendações da NBR 6118:2014,

(80): a grandeza foi calculada de acordo com as recomendações da NBR 6118:1980,

(F_{cknovo}): a grandeza foi calculada para um novo valor do F_{ck} ,

($F_{ckanterior}$): a grandeza foi calculada para o valor do F_{ck} ,

(γ_{fnovo}): o novo coeficiente de ponderação das ações verticais a ser utilizado,

($\gamma_{fanterior}$): o coeficiente de ponderação das ações verticais, anteriormente utilizado.

Tabela 5.1 - Módulo de deformação do concreto para valores do F_{ck}

F_{ck} (MPa)	E_{ci} (MPa)		E_{cs} (MPa)		α_i
	(2014)	(1980)	(2014)	(1980)	
17,2	23.225	30.000	19.741	27.000	0,850
55,0	40.632	50.480	38.093	45.432	0,938
60,0	41.612	52.593	39.531	47.334	0,950
65,0	42.547	54.625	40.952	49.162	0,963
70,0	43.443	56.583	42.357	50.925	0,975
75,0	44.304	58.476	43.750	52.629	0,988
80,0	45.132	60.310	45.132	54.279	1,000
85,0	45.931	62.089	45.931	55.880	1,000
90,0	46.703	63.819	46.703	57.437	1,000

Fonte: O Autor

Através das Eqs (5.1-a, b, c, d), são calculados os valores da Tabela 5.1, para $\alpha_E = 1$. Vê-se claramente que os valores calculados do E_{ci} - módulo de deformação inicial (ou tangente na origem) e do E_{cs} - módulo de deformação secante do concreto, para $50 < F_{ck}(\text{MPa}) \leq 90$ obtidos com as expressões recomendadas pela NBR 6118:1980 são diferentes dos obtidos a partir de 2014, devido às alterações implementadas nas normas posteriores a ABNT NBR 6118:1980 até a atual ABNT NBR 6118. Com estes valores e auxiliado pela planilha Microsoft Excel, procede-se as correções (em relação aos pares ALFA-GAMA-Z obtidos por Carmo, 1995) dos valores dos Parâmetros Alfa e Gama-Z que se fizeram necessárias. Os valores obtidos em cada correção estão apresentados nas colunas das Tabelas 5.3 até a 5.10.

5.1.1. Correção dos valores do $\alpha_{(0)}$

A primeira correção do $\alpha_{(0)}$ é feita através da Eq. (5.2-b) para a coluna 1 da tabela 5.3. Esta correção considera a mudança do $F_{ck} = 17,2\text{MPa}$ para $F_{ck} = 55,0\text{MPa}$, ou seja, do $E_{ci} = 30.000\text{MPa}$ (o valor utilizado por Carmo, 1995) e $E_{cs} = 27.000\text{MPa}$ para $E_{ci} = 50.480\text{MPa}$ e $E_{cs} = 45.432\text{MPa}$ com as definições dadas na NBR 6118:1980.

$$\begin{aligned}
\alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=55,0)} &= \sqrt{\left(\frac{E_{CS}(F_{ck}=55,0)}{E_{CS}(F_{ck}=17,2)}\right)^{-1}} \alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=17,2)} = \\
&= \sqrt{\frac{27000}{45432}} \alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=17,2)} = 0,7709 \alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=17,2)} = \\
&= 0,77 \alpha_{(0)}
\end{aligned}$$

Então tomando o valor 0,97 para o $\alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=17,2)}$, ou seja, para o α utilizado por Carmo (1995), aqui chamado de $\alpha_{(0)}$, obtém-se:

$$\alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=55,0)} = 0,7709 \alpha_{(0)} = 0,7709 * 0,97 = 0,748 \quad (5.4)$$

A segunda correção a ser feita, com a Eq. (5.2-a), leva em conta a mudança introduzida pela ABNT NBR 6118 atual no cálculo do E_{ci} (com o uso da constante α_E em função do tipo do agregado graúdo) e do $E_{CS} = 26.991MPa$ (com a introdução da constante α_i) conforme as Eqs (5.1). Então aplicando esta correção cumulativamente com a primeira, para $\alpha_E = 1$, da Tabela.5.1, tem-se para $F_{ck} = 55MPa$:

a) $E_{CS}(NBR6118: 1980) = 45.432MPa$;

b) $E_{CS}(NBR6118: 2014) = 38.093MPa$,

Sendo,

$$\begin{aligned}
\alpha_{(NBR\ 2014, F_{ck}\ 55)} &= \sqrt{\left(\frac{E_{CS(14)}}{E_{CS(80)}}\right)^{-1}} \alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=55)} = \\
&= \sqrt{\frac{45432}{38093}} \alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=55)} \\
&= 1,092 \alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=55,0)}
\end{aligned}$$

Assim,

$$\alpha_{(NBR\ 2014, F_{ck}=55,0)} = 1,092 * 0,7709 \alpha_{(0)} = 0,842 \alpha_{(NBR\ 1980, F_{ck}=17,5)} = \alpha_{(1)}$$

$$= \alpha_{(1)} = K_\alpha \alpha_{(0)} = 0,84 \alpha_{(0)} \quad (5.5)$$

5.1.2. Correção dos valores do $\gamma_{z(0)}$

A primeira correção do $\gamma_{z(0)}$ para obtenção do $\gamma_{z(1)}$ é feita através da Eq. (5.3-c) para a coluna 2 da tabela 5.3, e tem o objetivo de considerar o coeficiente de ponderação das ações verticais iguais a $\gamma_{fnovo} = 1,4$ (em Carmo, 1995, $\gamma_{fv,antigo} = 1,0$).

$$\begin{aligned} \gamma_{z(\gamma_{fnovo})} &= \frac{1}{1 - \left(\frac{\Delta M_{1,tot,d}}{M_{1,tot,d}} \right)_{(\gamma_{fnovo})}} = \frac{1}{1 - \frac{\gamma_{fnovo}}{\gamma_{f anterior}} \left(\frac{\Delta M_{1,tot,d}}{M_{1,tot,d}} \right)_{(\gamma_{f anterior})}} = \\ &= \frac{1}{1 - \frac{\gamma_{fnovo}}{\gamma_{f anterior}} \frac{(\gamma_{z(0)} - 1)}{\gamma_{z(0)}}} \end{aligned}$$

Portanto, o $\gamma_{z(0)} = 1,23$ (linha 1, coluna 2 da Tabela.5.3) um dos valores utilizados por (Carmo, 1995), o valor do $\gamma_{z(1)}$ (linha 1, coluna 4 da Tabela 5.3) é o seguinte:

$$\begin{aligned} \gamma_{z(1)} &= \frac{1}{1 - \frac{\gamma_{fnovo}}{\gamma_{f anterior}} \left(\frac{\Delta M_{1,tot,d}}{M_{1,tot,d}} \right)_{(\gamma_{z(0)})}} = \frac{1}{1 - \frac{\gamma_{fnovo}}{\gamma_{f anterior}} \frac{(\gamma_{z(0)} - 1)}{\gamma_{z(0)}}} = \\ &= \frac{1}{1 - \frac{1,4(1,23 - 1)}{1,23}} = 1,35 \quad (5.6) \end{aligned}$$

A segunda correção a ser feita, com as Eqs. (5.3-a, b), leva em conta a relação entre o $E_{ci} = 30.000MPa$ correspondente ao $F_{ck} = 17,2MPa$, e o $E_{ci} = 50.480MPa$ correspondente ao $F_{ck} = 55,0MPa$, ambos calculados segundo a ABNT NBR 6118:1980, e em seguida, levando em conta o E_{ci} ($F_{ck} = 55,0MPa$) calculado em consonância com a norma de 1980, $50.480MPa$, e aquele valor obtido com a NBR 6118 atual, também, para $F_{ck} = 55,0MPa$, $40,632MPa$.

Para o caso em estudo, tem-se: $\gamma_{z(1)} = 1,35$, assim:

$$\gamma_{z(NBR\ 2014, F_{ck}=17,2)} = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{1,tot,d(14)}}{M_{1,tot,d(14)}}} = \frac{1}{1 - \frac{E_{ci(80)} \Delta M_{1,tot,d(80)}}{E_{ci(14)} M_{1,tot,d(80)}}} = \frac{1}{1 - K_1 \frac{\Delta M_{1,tot,d(80)}}{M_{1,tot,d(80)}}} =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{1 - \frac{30000}{23225} \frac{\Delta M_{1,tot,d(80)}}{M_{1,tot,d(80)}}} = \frac{1}{1 - 1,292 \frac{\Delta M_{1,tot,d(80)}}{M_{1,tot,d(80)}}} = \\
&= \frac{1}{1 - \frac{\gamma_{Z(1)} - 1}{\gamma_{Z(1)}} 1,292} = \frac{1}{1 - \frac{1,35 - 1}{1,35} 1,292} = 1,504 \quad (5.7\text{-“a”})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\gamma_{Z(NBR\ 2014.Fck=55)} &= \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{1,tot,d(NBR\ 2014,Fck=55)}}{M_{1,tot,d(NBR\ 2014,Fck=55)}}} = \\
&= \frac{1}{1 - \frac{E_{ci(NBR\ 2014,Fck=17,2)}}{E_{ci(NBR\ 2014,Fck=55)}} \frac{\Delta M_{1,tot,d(NBR\ 2014,Fck=17,2)}}{M_{1,tot,d(NBR\ 2014,Fck=17,2)}}} = \\
&= \frac{1}{1 - K_2 \frac{\Delta M_{1,tot,d(NBR\ 2014,Fck=17,2)}}{M_{1,tot,d(NBR\ 2014,Fck=17,2)}}} = \\
&= \frac{1}{1 - \frac{23225}{40632} \frac{\Delta M_{1,tot,d(80)}}{M_{1,tot,d(80)}}} = \\
&= \frac{1}{1 - 0,571 \frac{\gamma_{Z(14)} - 1}{\gamma_{Z(14)}}} = \frac{1}{1 - 0,571 \frac{1,504 - 1}{1,504}} = \\
&= 1,2366 = \gamma_{Z(2)} \quad (5.7\text{-“b”})
\end{aligned}$$

O $\gamma_{Z(2)}$ pode ser obtido diretamente a partir do $\gamma_{Z(1)}$ como mostrado a seguir:

$$\begin{aligned}
\gamma_{Z(2)} &= \frac{1}{1 - \frac{E_{ci(80)}}{E_{ci(14)}} \frac{E_{cs(NBR\ 2014,Fck=17,2)}}{E_{cs(NBR\ 2014,Fck=55)}} \left(\frac{\gamma_{Z(1)} - 1}{\gamma_{Z(1)}} \right)} = \frac{1}{1 - K_{\gamma_Z} \left(\frac{\gamma_{Z(1)} - 1}{\gamma_{Z(1)}} \right)} = \\
&= \frac{1}{1 - \frac{30000}{23225} * \frac{23225}{40632} * \left(\frac{\gamma_{Z(1)} - 1}{\gamma_{Z(1)}} \right)} = \\
&= \frac{1}{1 - \frac{0,738 * (1,35 - 1)}{1,35}} = 1,2366 \quad (5.7 - c)
\end{aligned}$$

Da Eq. 5.7, tem-se, para $\alpha_{(NBR\ 2014,Fck\ 55)}$, $K_\alpha = 0,84$. Das Eqs.(5.7-“a”) e (5.7-“b”), tem-se para obtenção do $\gamma_{Z(NBR\ 2014,fck=55)}$ a partir do $\gamma_{Z(1)}$, $K_1 = 1,292$ e $K_2 = 0,571$, e da Eq. 5.7 – “c”, tem-se, $K_{\gamma_z} = K_1 * K_2 = 0,738$. Recalculando os valores das constantes K_α , K_1 , K_2 e K_{γ_z} para os valores do $55MPa \leq Fck \leq 90MPa$, tem-se a Tabela 5.3. Com os valores desta tabela são obtidos os valores para o $\alpha_{(14)}$ e $\gamma_{Z(1)}$ corrigidos ou atualizados a partir dos valores encontrados em Carmo (1995).

Tabela 5.2 - Fatores de correção

Fck	$K_\alpha = \frac{\alpha_{(1)}}{\alpha_{(0)}}$	$K_{\gamma_z} = K_1 * K_2$
55,0	0,84	0,710
60,0	0,83	0,705
65,0	0,81	0,701
70,0	0,80	0,696
75,0	0,79	0,692
80,0	0,77	0,688
85,0	0,77	0,684
90,0	0,76	0,680

Fonte: O Autor

Os valores dos módulos de deformação utilizados nas expressões acima estão na Tabela.5.1.

5.1.3. O Fator de redução equivalente da $E_{ci}I_c$ para a consideração da NLF

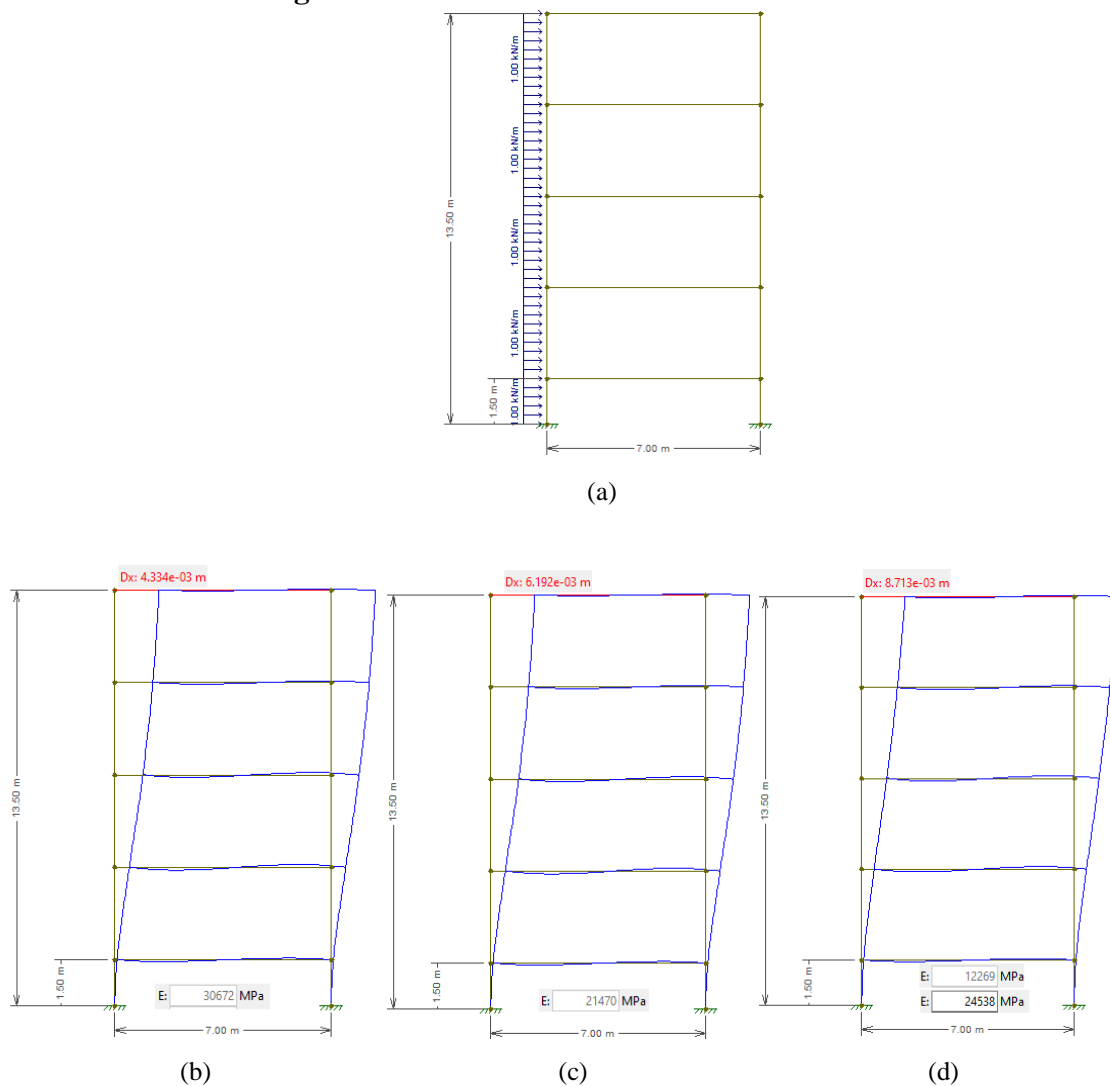
É importante observar que o cálculo de cada Gama-Z utilizado por Carmo foi realizado com o coeficiente de redução único $F_R = 0,70$, para a obtenção do $(EI)_{sec}$ ou seja, para a consideração da NLF. Agora, isto é, depois de 2014, a NLF para pilares e vigas (com armaduras a tração diferente da de compressão) deve ser implementada, pela redução de 20% e de 60%, respectivamente, de $E_{ci}I_c$.

Dessa forma, para corrigir os valores do $\gamma_{Z(2)}$ relativamente às alterações na consideração da NLF, propõe-se, neste trabalho, que seja calculado um valor de F_R equivalente,

F_{Req} , para cada pórtico do Sistema Estrutural de Contraventamento (SEC) e que este valor seja utilizado para o necessário ajuste do $\gamma_{Z(2)}$. O F_{Req} pode ser obtido da seguinte forma:

- Calcula-se o valor do deslocamento no topo, $a_{(0,70)}$ do pórtico com $F_R = 0,70$ como mostrado na figura 5.1-c;
- Calcula-se o valor do deslocamento no topo, $a_{(0,80;0,40)}$ do pórtico da figura 5.1-a, extraída de (Cruz, Ferreira e Lucena (2019, p.145)) como recomendado pela ABNT NBR 6118:2014, e mostrado na figura 5.1-d.

Figura 5.1 - Pórtico do sistema de contraventamento



Fonte: Maracajá (2020)

Então:

$$F_{Req} = \frac{a_{(0,70)}}{a_{(0,80;0,40)}} 0,70 \quad (5.8 - a)$$

ou,

$$F_{Req} = \frac{a_{(1,00)}}{a_{(0,80;0,40)}} \quad (5.8 - b)$$

$a_{(1,00)}$ representa o deslocamento horizontal no topo do pórtico calculado sem a redução da rigidez flexional (figura 5.1-b); $a_{(0,70)}$, representa o deslocamento horizontal no topo do pórtico calculado com a NLF considerada através do fator de redução único igual a 0,70, (figura 5.1-c); $a_{(0,80;0,40)}$, é o deslocamento horizontal no topo do pórtico com a NLF considerada com redução de 20% na rigidez EI dos pilares e 60% na, das vigas (figura 5.1-d).

Para o exemplo mostrado acima, tem-se: $a_{(0,70)} = 6,192 * 10^{-3}m$ (figura 5.1-c) e $a_{(0,80;0,40)} = 8,713 * 10^{-3}m$ (figura 5.1-d), donde após aplicação da Eq. (5.8-a), tem-se, $F_{Req} = \frac{6,192*10^{-3}}{8,713*10^{-3}} * 0,70 = 0,497 \cong 0,50$, ou com $a_{(1,00)} = 4,334 * 10^{-3}m$ e $a_{(0,80;0,40)} = 8,713 * 10^{-3}m$ através da Eq. (5.8-b), $F_{Req} = \frac{4,334*10^{-3}}{8,713*10^{-3}} = 0,497 \cong 0,50$.

Considerando, a situação na qual o $F_{Req} = \frac{a_{(0,70)}}{a_{(0,80;0,40)}} 0,70 = 0,70$, ou seja: $a_{(0,80;0,40)} = a_{(0,70)}$, então os valores do $\gamma_{z(2)}$ serão exatamente iguais aos do γ_z calculados de acordo com a ABNT NBR 6118 atual.

Neste caso, a relação entre o Alfa e o Gama-Z a ser considerada será obtida através da regressão entre os valores do $\alpha_{(1)}$ e do $\gamma_{z(2)}$ (que será referido como $\gamma_{z(0,70)}$), respectivamente da 3ª e 5ª colunas da Tabela 5.3.

Por outro lado, se o F_{Req} calculado para um determinado pórtico for igual a 0,65 então a relação entre o Alfa e o Gama-Z a ser considerada será obtida através da regressão com os valores do $\alpha_{(1)}$ e do $\gamma_{z(0,65)}$, que estão, respectivamente, na 3ª e 11ª colunas da Tabela 5.3.

Estes valores foram calculados através da expressão:

$$\gamma_{z(0,65)} = \frac{1}{1 - \left(\frac{\Delta M_{1,tot,d}}{M_{1,tot,d}} \right)_{(0,70)} \frac{0,70}{0,65}} \quad (5.9)$$

Para a obtenção da expressão que permite o cálculo do γ_z em função do F_{Req} , verificou-se que a influência do fator de redução da rigidez à flexão da estrutura ocorre no valor da fração $\frac{\Delta M_{1,tot,d}}{M_{1,tot,d}}$ (ou mais precisamente no numerador da fração) sendo inversamente proporcional ao valor do fator em evidência, em variação linear. Assim sendo, o $\gamma_z (F_{Req}) = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{1,tot,d} F_R}{M_{1,tot,d} F_{Req}}}$ em que F_R é igual a 0,70, cujo valor foi utilizado por (Carmo, 1998) e adotado pela ABNT NBR 6118 de 2003 e de 2007.

5.2. Tabelas de valores corrigidos do $\alpha_{(0)}$ e do $\gamma_{(0)}$ de acordo com a ABNT BR6118:2014

Tabela 5.3 - Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 55MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014

$\alpha_{(0)}$	$\gamma_{(0)}$	$\alpha_{(1)}$	$\gamma_{z(1)}$	$\gamma_{z(2)}$	$\gamma_{z(0,90)}$	$\gamma_{z(0,85)}$	$\gamma_{z(0,80)}$	$\gamma_{z(0,75)}$	$\gamma_{z(0,70)}$	$\gamma_{z(0,65)}$	$\gamma_{z(0,60)}$
0,97	1,23	0,817	1,35	1,228	1,169	1,181	1,194	1,210	1,228	1,250	1,277
0,75	1,14	0,631	1,20	1,139	1,105	1,112	1,120	1,129	1,139	1,151	1,166
0,87	1,19	0,732	1,28	1,189	1,141	1,150	1,161	1,174	1,189	1,206	1,227
0,76	1,13	0,640	1,19	1,129	1,098	1,104	1,111	1,120	1,129	1,140	1,154
0,73	1,12	0,615	1,17	1,119	1,090	1,096	1,103	1,110	1,119	1,130	1,142
1,11	1,38	0,935	1,62	1,377	1,271	1,291	1,315	1,343	1,377	1,418	1,469
0,66	1,11	0,556	1,16	1,109	1,083	1,088	1,094	1,101	1,109	1,119	1,130
0,81	1,16	0,682	1,23	1,159	1,119	1,127	1,136	1,147	1,159	1,173	1,190
0,72	1,11	0,606	1,16	1,109	1,083	1,088	1,094	1,101	1,109	1,119	1,130
0,47	1,05	0,396	1,07	1,050	1,038	1,041	1,043	1,046	1,050	1,054	1,058
0,80	1,15	0,674	1,22	1,149	1,112	1,120	1,128	1,138	1,149	1,162	1,178
1,17	1,40	0,985	1,66	1,397	1,284	1,305	1,331	1,361	1,397	1,441	1,496
1,22	1,44	1,027	1,74	1,436	1,309	1,334	1,362	1,396	1,436	1,486	1,549
0,80	1,18	0,674	1,27	1,179	1,134	1,143	1,153	1,165	1,179	1,195	1,215
0,86	1,18	0,724	1,27	1,179	1,134	1,143	1,153	1,165	1,179	1,195	1,215
0,78	1,16	0,657	1,23	1,159	1,119	1,127	1,136	1,147	1,159	1,173	1,190
0,70	1,12	0,589	1,17	1,119	1,090	1,096	1,103	1,110	1,119	1,130	1,142
0,99	1,26	0,833	1,40	1,258	1,190	1,203	1,219	1,237	1,258	1,284	1,315
0,95	1,23	0,800	1,35	1,228	1,169	1,181	1,194	1,210	1,228	1,250	1,277
1,03	1,27	0,867	1,42	1,268	1,197	1,211	1,227	1,246	1,268	1,295	1,327
0,84	1,19	0,707	1,28	1,189	1,141	1,150	1,161	1,174	1,189	1,206	1,227
0,71	1,13	0,598	1,19	1,129	1,098	1,104	1,111	1,120	1,129	1,140	1,154
0,83	1,15	0,699	1,22	1,149	1,112	1,120	1,128	1,138	1,149	1,162	1,178
0,66	1,09	0,556	1,13	1,089	1,068	1,073	1,077	1,083	1,089	1,097	1,106
1,08	1,31	0,909	1,49	1,308	1,224	1,240	1,259	1,281	1,308	1,339	1,378
0,69	1,12	0,581	1,17	1,119	1,090	1,096	1,103	1,110	1,119	1,130	1,142
0,71	1,12	0,598	1,17	1,119	1,090	1,096	1,103	1,110	1,119	1,130	1,142

0,64	1,09	0,539	1,13	1,089	1,068	1,073	1,077	1,083	1,089	1,097	1,106
0,72	1,12	0,606	1,17	1,119	1,090	1,096	1,103	1,110	1,119	1,130	1,142
0,73	1,12	0,615	1,17	1,119	1,090	1,096	1,103	1,110	1,119	1,130	1,142
0,83	1,18	0,699	1,27	1,179	1,134	1,143	1,153	1,165	1,179	1,195	1,215
0,49	1,06	0,413	1,08	1,060	1,046	1,049	1,052	1,055	1,060	1,065	1,070
0,70	1,12	0,589	1,17	1,119	1,090	1,096	1,103	1,110	1,119	1,130	1,142
0,48	1,05	0,404	1,07	1,050	1,038	1,041	1,043	1,046	1,050	1,054	1,058
0,57	1,07	0,480	1,10	1,070	1,053	1,057	1,060	1,065	1,070	1,075	1,082
0,51	1,06	0,429	1,08	1,060	1,046	1,049	1,052	1,055	1,060	1,065	1,070
0,60	1,08	0,505	1,11	1,079	1,061	1,065	1,069	1,074	1,079	1,086	1,094
0,40	1,04	0,337	1,05	1,040	1,031	1,033	1,035	1,037	1,040	1,043	1,047
0,69	1,12	0,581	1,17	1,119	1,090	1,096	1,103	1,110	1,119	1,130	1,142
0,46	1,05	0,387	1,07	1,050	1,038	1,041	1,043	1,046	1,050	1,054	1,058
0,91	1,21	0,766	1,32	1,209	1,155	1,166	1,178	1,192	1,209	1,228	1,252
1,14	1,35	0,960	1,57	1,347	1,251	1,269	1,291	1,317	1,347	1,384	1,430
0,90	1,18	0,758	1,27	1,179	1,134	1,143	1,153	1,165	1,179	1,195	1,215
0,76	1,15	0,640	1,22	1,149	1,112	1,120	1,128	1,138	1,149	1,162	1,178
0,99	1,26	0,833	1,40	1,258	1,190	1,203	1,219	1,237	1,258	1,284	1,315
1,14	1,41	0,960	1,68	1,407	1,290	1,312	1,339	1,370	1,407	1,452	1,509
0,63	1,10	0,530	1,14	1,099	1,076	1,080	1,086	1,092	1,099	1,108	1,118
0,78	1,15	0,657	1,22	1,149	1,112	1,120	1,128	1,138	1,149	1,162	1,178
0,78	1,15	0,657	1,22	1,149	1,112	1,120	1,128	1,138	1,149	1,162	1,178
0,76	1,14	0,640	1,20	1,139	1,105	1,112	1,120	1,129	1,139	1,151	1,166
0,66	1,10	0,556	1,14	1,099	1,076	1,080	1,086	1,092	1,099	1,108	1,118
0,68	1,11	0,572	1,16	1,109	1,083	1,088	1,094	1,101	1,109	1,119	1,130
0,84	1,15	0,707	1,22	1,149	1,112	1,120	1,128	1,138	1,149	1,162	1,178
0,55	1,10	0,463	1,14	1,099	1,076	1,080	1,086	1,092	1,099	1,108	1,118
1,06	1,29	0,892	1,45	1,288	1,210	1,226	1,243	1,264	1,288	1,317	1,353
0,49	1,05	0,413	1,07	1,050	1,038	1,041	1,043	1,046	1,050	1,054	1,058
0,75	1,13	0,631	1,19	1,129	1,098	1,104	1,111	1,120	1,129	1,140	1,154
0,78	1,14	0,657	1,20	1,139	1,105	1,112	1,120	1,129	1,139	1,151	1,166
0,65	1,10	0,547	1,14	1,099	1,076	1,080	1,086	1,092	1,099	1,108	1,118
0,58	1,07	0,488	1,10	1,070	1,053	1,057	1,060	1,065	1,070	1,075	1,082

Fonte: O Autor/Planilha Exel

Tabela 5.4 - Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 60MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014

$\alpha_{(0)}$	$\gamma_{(0)}$	$\alpha_{(1)}$	$\gamma_{z(1)}$	$\gamma_{z(2)}$	$\gamma_{z(0,90)}$	$\gamma_{z(0,85)}$	$\gamma_{z(0,80)}$	$\gamma_{z(0,75)}$	$\gamma_{z(0,70)}$	$\gamma_{z(0,65)}$	$\gamma_{z(0,60)}$
0,97	1,23	0,80	1,355	1,226	1,168	1,179	1,193	1,208	1,226	1,248	1,275
0,75	1,14	0,62	1,208	1,138	1,104	1,111	1,119	1,128	1,138	1,150	1,165
0,87	1,19	0,71	1,288	1,187	1,140	1,149	1,160	1,173	1,187	1,205	1,225
0,76	1,13	0,62	1,192	1,128	1,097	1,103	1,110	1,119	1,128	1,139	1,153
0,73	1,12	0,60	1,176	1,118	1,090	1,095	1,102	1,110	1,118	1,129	1,141
1,11	1,38	0,91	1,627	1,374	1,268	1,289	1,312	1,340	1,374	1,414	1,465
0,66	1,11	0,54	1,161	1,108	1,082	1,088	1,094	1,101	1,108	1,118	1,129
0,81	1,16	0,66	1,239	1,158	1,119	1,126	1,135	1,146	1,158	1,172	1,189
0,72	1,11	0,59	1,161	1,108	1,082	1,088	1,094	1,101	1,108	1,118	1,129

0,47	1,05	0,38	1,071	1,049	1,038	1,040	1,043	1,046	1,049	1,053	1,058
0,80	1,15	0,66	1,223	1,148	1,111	1,119	1,127	1,137	1,148	1,161	1,177
1,17	1,4	0,96	1,667	1,393	1,281	1,303	1,328	1,358	1,393	1,437	1,491
1,22	1,44	1,00	1,748	1,432	1,307	1,331	1,359	1,392	1,432	1,481	1,543
0,80	1,18	0,66	1,272	1,177	1,133	1,142	1,152	1,164	1,177	1,194	1,213
0,86	1,18	0,71	1,272	1,177	1,133	1,142	1,152	1,164	1,177	1,194	1,213
0,78	1,16	0,64	1,239	1,158	1,119	1,126	1,135	1,146	1,158	1,172	1,189
0,70	1,12	0,57	1,176	1,118	1,090	1,095	1,102	1,110	1,118	1,129	1,141
0,99	1,26	0,81	1,406	1,256	1,188	1,202	1,217	1,235	1,256	1,281	1,312
0,95	1,23	0,78	1,355	1,226	1,168	1,179	1,193	1,208	1,226	1,248	1,275
1,03	1,27	0,85	1,424	1,266	1,195	1,209	1,225	1,244	1,266	1,292	1,324
0,84	1,19	0,69	1,288	1,187	1,140	1,149	1,160	1,173	1,187	1,205	1,225
0,71	1,13	0,58	1,192	1,128	1,097	1,103	1,110	1,119	1,128	1,139	1,153
0,83	1,15	0,68	1,223	1,148	1,111	1,119	1,127	1,137	1,148	1,161	1,177
0,66	1,09	0,54	1,131	1,089	1,068	1,072	1,077	1,082	1,089	1,096	1,105
1,08	1,31	0,89	1,495	1,305	1,222	1,238	1,257	1,279	1,305	1,336	1,375
0,69	1,12	0,57	1,176	1,118	1,090	1,095	1,102	1,110	1,118	1,129	1,141
0,71	1,12	0,58	1,176	1,118	1,090	1,095	1,102	1,110	1,118	1,129	1,141
0,64	1,09	0,52	1,131	1,089	1,068	1,072	1,077	1,082	1,089	1,096	1,105
0,72	1,12	0,59	1,176	1,118	1,090	1,095	1,102	1,110	1,118	1,129	1,141
0,73	1,12	0,60	1,176	1,118	1,090	1,095	1,102	1,110	1,118	1,129	1,141
0,83	1,18	0,68	1,272	1,177	1,133	1,142	1,152	1,164	1,177	1,194	1,213
0,49	1,06	0,40	1,086	1,059	1,045	1,048	1,051	1,055	1,059	1,064	1,070
0,70	1,12	0,57	1,176	1,118	1,090	1,095	1,102	1,110	1,118	1,129	1,141
0,48	1,05	0,39	1,071	1,049	1,038	1,040	1,043	1,046	1,049	1,053	1,058
0,57	1,07	0,47	1,101	1,069	1,053	1,056	1,060	1,064	1,069	1,075	1,082
0,51	1,06	0,42	1,086	1,059	1,045	1,048	1,051	1,055	1,059	1,064	1,070
0,60	1,08	0,49	1,116	1,079	1,060	1,064	1,068	1,073	1,079	1,086	1,093
0,40	1,04	0,33	1,057	1,039	1,030	1,032	1,034	1,037	1,039	1,043	1,046
0,69	1,12	0,57	1,176	1,118	1,090	1,095	1,102	1,110	1,118	1,129	1,141
0,46	1,05	0,38	1,071	1,049	1,038	1,040	1,043	1,046	1,049	1,053	1,058
0,91	1,21	0,75	1,321	1,207	1,154	1,164	1,176	1,190	1,207	1,226	1,250
1,14	1,35	0,94	1,570	1,344	1,249	1,267	1,289	1,314	1,344	1,381	1,426
0,90	1,18	0,74	1,272	1,177	1,133	1,142	1,152	1,164	1,177	1,194	1,213
0,76	1,15	0,62	1,223	1,148	1,111	1,119	1,127	1,137	1,148	1,161	1,177
0,99	1,26	0,81	1,406	1,256	1,188	1,202	1,217	1,235	1,256	1,281	1,312
1,14	1,41	0,94	1,687	1,403	1,288	1,310	1,336	1,366	1,403	1,448	1,504
0,63	1,1	0,52	1,146	1,099	1,075	1,080	1,085	1,091	1,099	1,107	1,117
0,78	1,15	0,64	1,223	1,148	1,111	1,119	1,127	1,137	1,148	1,161	1,177
0,78	1,15	0,64	1,223	1,148	1,111	1,119	1,127	1,137	1,148	1,161	1,177
0,76	1,14	0,62	1,208	1,138	1,104	1,111	1,119	1,128	1,138	1,150	1,165
0,66	1,1	0,54	1,146	1,099	1,075	1,080	1,085	1,091	1,099	1,107	1,117
0,68	1,11	0,56	1,161	1,108	1,082	1,088	1,094	1,101	1,108	1,118	1,129
0,84	1,15	0,69	1,223	1,148	1,111	1,119	1,127	1,137	1,148	1,161	1,177
0,55	1,1	0,45	1,146	1,099	1,075	1,080	1,085	1,091	1,099	1,107	1,117
1,06	1,29	0,87	1,459	1,285	1,209	1,224	1,241	1,261	1,285	1,314	1,350
0,49	1,05	0,40	1,071	1,049	1,038	1,040	1,043	1,046	1,049	1,053	1,058
0,75	1,13	0,62	1,192	1,128	1,097	1,103	1,110	1,119	1,128	1,139	1,153
0,78	1,14	0,64	1,208	1,138	1,104	1,111	1,119	1,128	1,138	1,150	1,165

0,65	1,1	0,53	1,146	1,099	1,075	1,080	1,085	1,091	1,099	1,107	1,117
0,58	1,07	0,47	1,101	1,069	1,053	1,056	1,060	1,064	1,069	1,075	1,082

Fonte: O Autor/Planilha Exel

Tabela 5.5 - Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 65MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014

$\alpha_{(0)}$	$\gamma_{(0)}$	$\alpha_{(1)}$	$\gamma_{z(1)}$	$\gamma_{z(2)}$	$\gamma_{z(0,90)}$	$\gamma_{z(0,85)}$	$\gamma_{z(0,80)}$	$\gamma_{z(0,75)}$	$\gamma_{z(0,70)}$	$\gamma_{z(0,65)}$	$\gamma_{z(0,60)}$
0,97	1,23	0,788	1,355	1,225	1,166	1,178	1,191	1,207	1,225	1,246	1,272
0,75	1,14	0,609	1,208	1,137	1,103	1,110	1,118	1,127	1,137	1,149	1,164
0,87	1,19	0,706	1,288	1,186	1,139	1,148	1,159	1,171	1,186	1,203	1,224
0,76	1,13	0,617	1,192	1,127	1,096	1,102	1,110	1,118	1,127	1,138	1,152
0,73	1,12	0,593	1,176	1,117	1,089	1,095	1,101	1,109	1,117	1,128	1,140
1,11	1,38	0,901	1,627	1,370	1,266	1,286	1,310	1,337	1,370	1,410	1,460
0,66	1,11	0,536	1,161	1,108	1,082	1,087	1,093	1,100	1,108	1,117	1,128
0,81	1,16	0,658	1,239	1,157	1,118	1,125	1,134	1,145	1,157	1,171	1,187
0,72	1,11	0,585	1,161	1,108	1,082	1,087	1,093	1,100	1,108	1,117	1,128
0,47	1,05	0,382	1,071	1,049	1,038	1,040	1,043	1,046	1,049	1,053	1,058
0,80	1,15	0,650	1,223	1,147	1,111	1,118	1,126	1,136	1,147	1,160	1,176
1,17	1,4	0,950	1,667	1,390	1,279	1,300	1,325	1,354	1,390	1,432	1,486
1,22	1,44	0,991	1,748	1,428	1,304	1,328	1,356	1,389	1,428	1,477	1,538
0,80	1,18	0,650	1,272	1,176	1,132	1,141	1,151	1,162	1,176	1,192	1,212
0,86	1,18	0,698	1,272	1,176	1,132	1,141	1,151	1,162	1,176	1,192	1,212
0,78	1,16	0,633	1,239	1,157	1,118	1,125	1,134	1,145	1,157	1,171	1,187
0,70	1,12	0,568	1,176	1,117	1,089	1,095	1,101	1,109	1,117	1,128	1,140
0,99	1,26	0,804	1,406	1,254	1,187	1,200	1,215	1,233	1,254	1,279	1,309
0,95	1,23	0,771	1,355	1,225	1,166	1,178	1,191	1,207	1,225	1,246	1,272
1,03	1,27	0,836	1,424	1,264	1,194	1,207	1,223	1,242	1,264	1,290	1,322
0,84	1,19	0,682	1,288	1,186	1,139	1,148	1,159	1,171	1,186	1,203	1,224
0,71	1,13	0,577	1,192	1,127	1,096	1,102	1,110	1,118	1,127	1,138	1,152
0,83	1,15	0,674	1,223	1,147	1,111	1,118	1,126	1,136	1,147	1,160	1,176
0,66	1,09	0,536	1,131	1,088	1,067	1,071	1,076	1,082	1,088	1,096	1,104
1,08	1,31	0,877	1,495	1,302	1,220	1,236	1,255	1,277	1,302	1,333	1,371
0,69	1,12	0,560	1,176	1,117	1,089	1,095	1,101	1,109	1,117	1,128	1,140
0,71	1,12	0,577	1,176	1,117	1,089	1,095	1,101	1,109	1,117	1,128	1,140
0,64	1,09	0,520	1,131	1,088	1,067	1,071	1,076	1,082	1,088	1,096	1,104
0,72	1,12	0,585	1,176	1,117	1,089	1,095	1,101	1,109	1,117	1,128	1,140
0,73	1,12	0,593	1,176	1,117	1,089	1,095	1,101	1,109	1,117	1,128	1,140
0,83	1,18	0,674	1,272	1,176	1,132	1,141	1,151	1,162	1,176	1,192	1,212
0,49	1,06	0,398	1,086	1,059	1,045	1,048	1,051	1,055	1,059	1,064	1,069
0,70	1,12	0,568	1,176	1,117	1,089	1,095	1,101	1,109	1,117	1,128	1,140
0,48	1,05	0,390	1,071	1,049	1,038	1,040	1,043	1,046	1,049	1,053	1,058
0,57	1,07	0,463	1,101	1,069	1,053	1,056	1,060	1,064	1,069	1,074	1,081
0,51	1,06	0,414	1,086	1,059	1,045	1,048	1,051	1,055	1,059	1,064	1,069
0,60	1,08	0,487	1,116	1,078	1,060	1,064	1,068	1,073	1,078	1,085	1,093
0,40	1,04	0,325	1,057	1,039	1,030	1,032	1,034	1,037	1,039	1,042	1,046
0,69	1,12	0,560	1,176	1,117	1,089	1,095	1,101	1,109	1,117	1,128	1,140

0,46	1,05	0,374	1,071	1,049	1,038	1,040	1,043	1,046	1,049	1,053	1,058
0,91	1,21	0,739	1,321	1,205	1,153	1,163	1,175	1,189	1,205	1,225	1,248
1,14	1,35	0,926	1,570	1,341	1,247	1,265	1,286	1,311	1,341	1,377	1,422
0,90	1,18	0,731	1,272	1,176	1,132	1,141	1,151	1,162	1,176	1,192	1,212
0,76	1,15	0,617	1,223	1,147	1,111	1,118	1,126	1,136	1,147	1,160	1,176
0,99	1,26	0,804	1,406	1,254	1,187	1,200	1,215	1,233	1,254	1,279	1,309
1,14	1,41	0,926	1,687	1,399	1,285	1,307	1,333	1,363	1,399	1,443	1,499
0,63	1,1	0,512	1,146	1,098	1,075	1,079	1,085	1,091	1,098	1,106	1,116
0,78	1,15	0,633	1,223	1,147	1,111	1,118	1,126	1,136	1,147	1,160	1,176
0,78	1,15	0,633	1,223	1,147	1,111	1,118	1,126	1,136	1,147	1,160	1,176
0,76	1,14	0,617	1,208	1,137	1,103	1,110	1,118	1,127	1,137	1,149	1,164
0,66	1,1	0,536	1,146	1,098	1,075	1,079	1,085	1,091	1,098	1,106	1,116
0,68	1,11	0,552	1,161	1,108	1,082	1,087	1,093	1,100	1,108	1,117	1,128
0,84	1,15	0,682	1,223	1,147	1,111	1,118	1,126	1,136	1,147	1,160	1,176
0,55	1,1	0,447	1,146	1,098	1,075	1,079	1,085	1,091	1,098	1,106	1,116
1,06	1,29	0,861	1,459	1,283	1,207	1,222	1,239	1,259	1,283	1,312	1,346
0,49	1,05	0,398	1,071	1,049	1,038	1,040	1,043	1,046	1,049	1,053	1,058
0,75	1,13	0,609	1,192	1,127	1,096	1,102	1,110	1,118	1,127	1,138	1,152
0,78	1,14	0,633	1,208	1,137	1,103	1,110	1,118	1,127	1,137	1,149	1,164
0,65	1,1	0,528	1,146	1,098	1,075	1,079	1,085	1,091	1,098	1,106	1,116
0,58	1,07	0,471	1,101	1,069	1,053	1,056	1,060	1,064	1,069	1,074	1,081

Fonte: O Autor/Planilha Excel

Tabela 5.6 - Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 70MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014

$\alpha(0)$	$\gamma(0)$	$\alpha(1)$	$\gamma_z(1)$	$\gamma_z(2)$	$\gamma_z(0,90)$	$\gamma_z(0,85)$	$\gamma_z(0,80)$	$\gamma_z(0,75)$	$\gamma_z(0,70)$	$\gamma_z(0,65)$	$\gamma_z(0,60)$
0,97	1,23	0,774	1,355	1,223	1,165	1,177	1,190	1,205	1,223	1,244	1,270
0,75	1,14	0,599	1,208	1,136	1,103	1,109	1,117	1,126	1,136	1,148	1,162
0,87	1,19	0,695	1,288	1,184	1,138	1,147	1,158	1,170	1,184	1,201	1,222
0,76	1,13	0,607	1,192	1,126	1,096	1,102	1,109	1,117	1,126	1,137	1,151
0,73	1,12	0,583	1,176	1,117	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139
1,11	1,38	0,886	1,627	1,367	1,264	1,284	1,307	1,334	1,367	1,407	1,456
0,66	1,11	0,527	1,161	1,107	1,081	1,086	1,092	1,099	1,107	1,116	1,127
0,81	1,16	0,647	1,239	1,155	1,117	1,125	1,133	1,144	1,155	1,169	1,186
0,72	1,11	0,575	1,161	1,107	1,081	1,086	1,092	1,099	1,107	1,116	1,127
0,47	1,05	0,375	1,071	1,049	1,037	1,040	1,042	1,045	1,049	1,053	1,057
0,80	1,15	0,639	1,223	1,146	1,110	1,117	1,125	1,135	1,146	1,159	1,174
1,17	1,40	0,934	1,667	1,386	1,277	1,298	1,322	1,351	1,386	1,428	1,481
1,22	1,44	0,974	1,748	1,424	1,302	1,325	1,352	1,385	1,424	1,472	1,533
0,80	1,18	0,639	1,272	1,175	1,131	1,140	1,150	1,161	1,175	1,191	1,210
0,86	1,18	0,687	1,272	1,175	1,131	1,140	1,150	1,161	1,175	1,191	1,210
0,78	1,16	0,623	1,239	1,155	1,117	1,125	1,133	1,144	1,155	1,169	1,186
0,70	1,12	0,559	1,176	1,117	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139
0,99	1,26	0,790	1,406	1,252	1,185	1,199	1,214	1,231	1,252	1,277	1,307
0,95	1,23	0,758	1,355	1,223	1,165	1,177	1,190	1,205	1,223	1,244	1,270
1,03	1,27	0,822	1,424	1,261	1,192	1,206	1,222	1,240	1,261	1,287	1,319
0,84	1,19	0,671	1,288	1,184	1,138	1,147	1,158	1,170	1,184	1,201	1,222

0,71	1,13	0,567	1,192	1,126	1,096	1,102	1,109	1,117	1,126	1,137	1,151
0,83	1,15	0,663	1,223	1,146	1,110	1,117	1,125	1,135	1,146	1,159	1,174
0,66	1,09	0,527	1,131	1,088	1,067	1,071	1,076	1,081	1,088	1,095	1,104
1,08	1,31	0,862	1,495	1,300	1,219	1,235	1,253	1,274	1,300	1,331	1,368
0,69	1,12	0,551	1,176	1,117	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139
0,71	1,12	0,567	1,176	1,117	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139
0,64	1,09	0,511	1,131	1,088	1,067	1,071	1,076	1,081	1,088	1,095	1,104
0,72	1,12	0,575	1,176	1,117	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139
0,73	1,12	0,583	1,176	1,117	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139
0,83	1,18	0,663	1,272	1,175	1,131	1,140	1,150	1,161	1,175	1,191	1,210
0,49	1,06	0,391	1,086	1,058	1,045	1,048	1,051	1,054	1,058	1,063	1,069
0,70	1,12	0,559	1,176	1,117	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139
0,48	1,05	0,383	1,071	1,049	1,037	1,040	1,042	1,045	1,049	1,053	1,057
0,57	1,07	0,455	1,101	1,068	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,074	1,080
0,51	1,06	0,407	1,086	1,058	1,045	1,048	1,051	1,054	1,058	1,063	1,069
0,60	1,08	0,479	1,116	1,078	1,060	1,063	1,067	1,072	1,078	1,084	1,092
0,40	1,04	0,319	1,057	1,039	1,030	1,032	1,034	1,036	1,039	1,042	1,046
0,69	1,12	0,551	1,176	1,117	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139
0,46	1,05	0,367	1,071	1,049	1,037	1,040	1,042	1,045	1,049	1,053	1,057
0,91	1,21	0,727	1,321	1,204	1,152	1,162	1,174	1,188	1,204	1,223	1,246
1,14	1,35	0,910	1,570	1,338	1,245	1,263	1,284	1,309	1,338	1,374	1,418
0,90	1,18	0,719	1,272	1,175	1,131	1,140	1,150	1,161	1,175	1,191	1,210
0,76	1,15	0,607	1,223	1,146	1,110	1,117	1,125	1,135	1,146	1,159	1,174
0,99	1,26	0,790	1,406	1,252	1,185	1,199	1,214	1,231	1,252	1,277	1,307
1,14	1,41	0,910	1,687	1,396	1,283	1,305	1,330	1,360	1,396	1,439	1,494
0,63	1,10	0,503	1,146	1,097	1,074	1,079	1,084	1,090	1,097	1,106	1,115
0,78	1,15	0,623	1,223	1,146	1,110	1,117	1,125	1,135	1,146	1,159	1,174
0,78	1,15	0,623	1,223	1,146	1,110	1,117	1,125	1,135	1,146	1,159	1,174
0,76	1,14	0,607	1,208	1,136	1,103	1,109	1,117	1,126	1,136	1,148	1,162
0,66	1,10	0,527	1,146	1,097	1,074	1,079	1,084	1,090	1,097	1,106	1,115
0,68	1,11	0,543	1,161	1,107	1,081	1,086	1,092	1,099	1,107	1,116	1,127
0,84	1,15	0,671	1,223	1,146	1,110	1,117	1,125	1,135	1,146	1,159	1,174
0,55	1,10	0,439	1,146	1,097	1,074	1,079	1,084	1,090	1,097	1,106	1,115
1,06	1,29	0,846	1,459	1,281	1,205	1,220	1,237	1,257	1,281	1,309	1,343
0,49	1,05	0,391	1,071	1,049	1,037	1,040	1,042	1,045	1,049	1,053	1,057
0,75	1,13	0,599	1,192	1,126	1,096	1,102	1,109	1,117	1,126	1,137	1,151
0,78	1,14	0,623	1,208	1,136	1,103	1,109	1,117	1,126	1,136	1,148	1,162
0,65	1,10	0,519	1,146	1,097	1,074	1,079	1,084	1,090	1,097	1,106	1,115
0,58	1,07	0,463	1,101	1,068	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,074	1,080

Fonte: O Autor/Planilha Exel

Tabela 5.7 - Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 75MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014

$\alpha_{(0)}$	$\gamma_{(0)}$	$\alpha_{(1)}$	$\gamma_{z(1)}$	$\gamma_{z(2)}$	$\gamma_{z(0,90)}$	$\gamma_{z(0,85)}$	$\gamma_{z(0,80)}$	$\gamma_{z(0,75)}$	$\gamma_{z(0,70)}$	$\gamma_{z(0,65)}$	$\gamma_{z(0,60)}$
0,97	1,23	0,762	1,355	1,221	1,164	1,175	1,188	1,203	1,221	1,242	1,268
0,75	1,14	0,589	1,208	1,135	1,102	1,109	1,116	1,125	1,135	1,147	1,161
0,87	1,19	0,683	1,288	1,183	1,137	1,146	1,157	1,169	1,183	1,200	1,220

0,76	1,13	0,597	1,192	1,125	1,095	1,101	1,108	1,116	1,125	1,136	1,149
0,73	1,12	0,573	1,176	1,116	1,088	1,093	1,100	1,107	1,116	1,126	1,138
1,11	1,38	0,872	1,627	1,364	1,262	1,282	1,304	1,331	1,364	1,403	1,452
0,66	1,11	0,518	1,161	1,106	1,081	1,086	1,092	1,098	1,106	1,115	1,126
0,81	1,16	0,636	1,239	1,154	1,116	1,124	1,132	1,142	1,154	1,168	1,185
0,72	1,11	0,566	1,161	1,106	1,081	1,086	1,092	1,098	1,106	1,115	1,126
0,47	1,05	0,369	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,045	1,048	1,052	1,057
0,80	1,15	0,628	1,223	1,145	1,109	1,116	1,124	1,134	1,145	1,157	1,173
1,17	1,4	0,919	1,667	1,383	1,274	1,295	1,320	1,348	1,383	1,425	1,477
1,22	1,44	0,958	1,748	1,420	1,299	1,322	1,350	1,382	1,420	1,468	1,527
0,80	1,18	0,628	1,272	1,173	1,130	1,139	1,148	1,160	1,173	1,189	1,208
0,86	1,18	0,676	1,272	1,173	1,130	1,139	1,148	1,160	1,173	1,189	1,208
0,78	1,16	0,613	1,239	1,154	1,116	1,124	1,132	1,142	1,154	1,168	1,185
0,70	1,12	0,550	1,176	1,116	1,088	1,093	1,100	1,107	1,116	1,126	1,138
0,99	1,26	0,778	1,406	1,250	1,184	1,197	1,212	1,229	1,250	1,274	1,304
0,95	1,23	0,746	1,355	1,221	1,164	1,175	1,188	1,203	1,221	1,242	1,268
1,03	1,27	0,809	1,424	1,259	1,191	1,204	1,220	1,238	1,259	1,285	1,316
0,84	1,19	0,660	1,288	1,183	1,137	1,146	1,157	1,169	1,183	1,200	1,220
0,71	1,13	0,558	1,192	1,125	1,095	1,101	1,108	1,116	1,125	1,136	1,149
0,83	1,15	0,652	1,223	1,145	1,109	1,116	1,124	1,134	1,145	1,157	1,173
0,66	1,09	0,518	1,131	1,087	1,066	1,071	1,075	1,081	1,087	1,094	1,103
1,08	1,31	0,848	1,495	1,297	1,217	1,233	1,251	1,272	1,297	1,328	1,365
0,69	1,12	0,542	1,176	1,116	1,088	1,093	1,100	1,107	1,116	1,126	1,138
0,71	1,12	0,558	1,176	1,116	1,088	1,093	1,100	1,107	1,116	1,126	1,138
0,64	1,09	0,503	1,131	1,087	1,066	1,071	1,075	1,081	1,087	1,094	1,103
0,72	1,12	0,566	1,176	1,116	1,088	1,093	1,100	1,107	1,116	1,126	1,138
0,73	1,12	0,573	1,176	1,116	1,088	1,093	1,100	1,107	1,116	1,126	1,138
0,83	1,18	0,652	1,272	1,173	1,130	1,139	1,148	1,160	1,173	1,189	1,208
0,49	1,06	0,385	1,086	1,058	1,045	1,047	1,050	1,054	1,058	1,063	1,068
0,70	1,12	0,550	1,176	1,116	1,088	1,093	1,100	1,107	1,116	1,126	1,138
0,48	1,05	0,377	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,045	1,048	1,052	1,057
0,57	1,07	0,448	1,101	1,068	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,073	1,080
0,51	1,06	0,401	1,086	1,058	1,045	1,047	1,050	1,054	1,058	1,063	1,068
0,60	1,08	0,471	1,116	1,077	1,059	1,063	1,067	1,072	1,077	1,084	1,091
0,40	1,04	0,314	1,057	1,039	1,030	1,032	1,034	1,036	1,039	1,042	1,045
0,69	1,12	0,542	1,176	1,116	1,088	1,093	1,100	1,107	1,116	1,126	1,138
0,46	1,05	0,361	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,045	1,048	1,052	1,057
0,91	1,21	0,715	1,321	1,202	1,150	1,161	1,172	1,186	1,202	1,221	1,244
1,14	1,35	0,896	1,570	1,335	1,243	1,261	1,282	1,306	1,335	1,371	1,414
0,90	1,18	0,707	1,272	1,173	1,130	1,139	1,148	1,160	1,173	1,189	1,208
0,76	1,15	0,597	1,223	1,145	1,109	1,116	1,124	1,134	1,145	1,157	1,173
0,99	1,26	0,778	1,406	1,250	1,184	1,197	1,212	1,229	1,250	1,274	1,304
1,14	1,41	0,896	1,687	1,392	1,281	1,302	1,327	1,357	1,392	1,435	1,489
0,63	1,1	0,495	1,146	1,097	1,074	1,078	1,083	1,090	1,097	1,105	1,115
0,78	1,15	0,613	1,223	1,145	1,109	1,116	1,124	1,134	1,145	1,157	1,173
0,78	1,15	0,613	1,223	1,145	1,109	1,116	1,124	1,134	1,145	1,157	1,173
0,76	1,14	0,597	1,208	1,135	1,102	1,109	1,116	1,125	1,135	1,147	1,161
0,66	1,1	0,518	1,146	1,097	1,074	1,078	1,083	1,090	1,097	1,105	1,115
0,68	1,11	0,534	1,161	1,106	1,081	1,086	1,092	1,098	1,106	1,115	1,126

0,84	1,15	0,660	1,223	1,145	1,109	1,116	1,124	1,134	1,145	1,157	1,173
0,55	1,1	0,432	1,146	1,097	1,074	1,078	1,083	1,090	1,097	1,105	1,115
1,06	1,29	0,833	1,459	1,278	1,204	1,219	1,235	1,255	1,278	1,306	1,341
0,49	1,05	0,385	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,045	1,048	1,052	1,057
0,75	1,13	0,589	1,192	1,125	1,095	1,101	1,108	1,116	1,125	1,136	1,149
0,78	1,14	0,613	1,208	1,135	1,102	1,109	1,116	1,125	1,135	1,147	1,161
0,65	1,1	0,511	1,146	1,097	1,074	1,078	1,083	1,090	1,097	1,105	1,115
0,58	1,07	0,456	1,101	1,068	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,073	1,080

Fonte: O Autor/Planilha Exel

Tabela 5.8 - Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 80MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014

$\alpha(0)$	$\gamma(0)$	$\alpha(1)$	$\gamma_z(1)$	$\gamma_z(2)$	$\gamma_z(0,90)$	$\gamma_z(0,85)$	$\gamma_z(0,80)$	$\gamma_z(0,75)$	$\gamma_z(0,70)$	$\gamma_z(0,65)$	$\gamma_z(0,60)$
0,97	1,2	0,750	1,355	1,220	1,163	1,174	1,187	1,202	1,220	1,240	1,266
0,75	1,1	0,580	1,208	1,134	1,101	1,108	1,115	1,124	1,134	1,146	1,160
0,87	1,1	0,673	1,288	1,182	1,136	1,145	1,155	1,167	1,182	1,198	1,219
0,76	1,1	0,588	1,192	1,125	1,094	1,100	1,107	1,115	1,125	1,135	1,148
0,73	1,1	0,565	1,176	1,115	1,087	1,093	1,099	1,107	1,115	1,125	1,137
1,11	1,3	0,859	1,627	1,361	1,260	1,279	1,302	1,329	1,361	1,400	1,448
0,66	1,1	0,510	1,161	1,105	1,080	1,085	1,091	1,098	1,105	1,115	1,125
0,81	1,1	0,627	1,239	1,153	1,115	1,123	1,131	1,141	1,153	1,167	1,183
0,72	1,1	0,557	1,161	1,105	1,080	1,085	1,091	1,098	1,105	1,115	1,125
0,47	1,0	0,364	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,045	1,048	1,052	1,057
0,80	1,1	0,619	1,223	1,144	1,108	1,115	1,123	1,133	1,144	1,156	1,172
1,17	1,4	0,905	1,667	1,379	1,272	1,293	1,317	1,345	1,379	1,421	1,473
1,22	1,4	0,944	1,748	1,417	1,297	1,320	1,347	1,378	1,417	1,464	1,523
0,80	1,1	0,619	1,272	1,172	1,129	1,138	1,147	1,159	1,172	1,188	1,207
0,86	1,1	0,665	1,272	1,172	1,129	1,138	1,147	1,159	1,172	1,188	1,207
0,78	1,1	0,603	1,239	1,153	1,115	1,123	1,131	1,141	1,153	1,167	1,183
0,70	1,1	0,541	1,176	1,115	1,087	1,093	1,099	1,107	1,115	1,125	1,137
0,99	1,2	0,766	1,406	1,248	1,183	1,196	1,210	1,228	1,248	1,272	1,302
0,95	1,2	0,735	1,355	1,220	1,163	1,174	1,187	1,202	1,220	1,240	1,266
1,03	1,2	0,797	1,424	1,257	1,189	1,203	1,218	1,236	1,257	1,283	1,314
0,84	1,1	0,650	1,288	1,182	1,136	1,145	1,155	1,167	1,182	1,198	1,219
0,71	1,1	0,549	1,192	1,125	1,094	1,100	1,107	1,115	1,125	1,135	1,148
0,83	1,1	0,642	1,223	1,144	1,108	1,115	1,123	1,133	1,144	1,156	1,172
0,66	1,0	0,510	1,131	1,086	1,066	1,070	1,075	1,080	1,086	1,094	1,102
1,08	1,3	0,835	1,495	1,295	1,215	1,231	1,249	1,270	1,295	1,325	1,362
0,69	1,1	0,534	1,176	1,115	1,087	1,093	1,099	1,107	1,115	1,125	1,137
0,71	1,1	0,549	1,176	1,115	1,087	1,093	1,099	1,107	1,115	1,125	1,137
0,64	1,0	0,495	1,131	1,086	1,066	1,070	1,075	1,080	1,086	1,094	1,102
0,72	1,1	0,557	1,176	1,115	1,087	1,093	1,099	1,107	1,115	1,125	1,137
0,73	1,1	0,565	1,176	1,115	1,087	1,093	1,099	1,107	1,115	1,125	1,137
0,83	1,1	0,642	1,272	1,172	1,129	1,138	1,147	1,159	1,172	1,188	1,207
0,49	1,0	0,379	1,086	1,058	1,044	1,047	1,050	1,054	1,058	1,062	1,068
0,70	1,1	0,541	1,176	1,115	1,087	1,093	1,099	1,107	1,115	1,125	1,137
0,48	1,0	0,371	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,045	1,048	1,052	1,057

0,57	1,0	0,441	1,101	1,067	1,052	1,055	1,058	1,062	1,067	1,073	1,079
0,51	1,0	0,394	1,086	1,058	1,044	1,047	1,050	1,054	1,058	1,062	1,068
0,60	1,0	0,464	1,116	1,077	1,059	1,062	1,067	1,071	1,077	1,083	1,091
0,40	1,0	0,309	1,057	1,038	1,030	1,031	1,033	1,036	1,038	1,042	1,045
0,69	1,1	0,534	1,176	1,115	1,087	1,093	1,099	1,107	1,115	1,125	1,137
0,46	1,0	0,356	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,045	1,048	1,052	1,057
0,91	1,2	0,704	1,321	1,201	1,149	1,160	1,171	1,185	1,201	1,219	1,242
1,14	1,3	0,882	1,570	1,333	1,241	1,259	1,279	1,304	1,333	1,368	1,411
0,90	1,1	0,696	1,272	1,172	1,129	1,138	1,147	1,159	1,172	1,188	1,207
0,76	1,1	0,588	1,223	1,144	1,108	1,115	1,123	1,133	1,144	1,156	1,172
0,99	1,2	0,766	1,406	1,248	1,183	1,196	1,210	1,228	1,248	1,272	1,302
1,14	1,4	0,882	1,687	1,389	1,278	1,300	1,324	1,354	1,389	1,432	1,485
0,63	1,1	0,487	1,146	1,096	1,073	1,078	1,083	1,089	1,096	1,104	1,114
0,78	1,1	0,603	1,223	1,144	1,108	1,115	1,123	1,133	1,144	1,156	1,172
0,78	1,1	0,603	1,223	1,144	1,108	1,115	1,123	1,133	1,144	1,156	1,172
0,76	1,1	0,588	1,208	1,134	1,101	1,108	1,115	1,124	1,134	1,146	1,160
0,66	1,1	0,510	1,146	1,096	1,073	1,078	1,083	1,089	1,096	1,104	1,114
0,68	1,1	0,526	1,161	1,105	1,080	1,085	1,091	1,098	1,105	1,115	1,125
0,84	1,1	0,650	1,223	1,144	1,108	1,115	1,123	1,133	1,144	1,156	1,172
0,55	1,1	0,425	1,146	1,096	1,073	1,078	1,083	1,089	1,096	1,104	1,114
1,06	1,2	0,820	1,459	1,276	1,202	1,217	1,234	1,253	1,276	1,304	1,338
0,49	1,0	0,379	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,045	1,048	1,052	1,057
0,75	1,1	0,580	1,192	1,125	1,094	1,100	1,107	1,115	1,125	1,135	1,148
0,78	1,1	0,603	1,208	1,134	1,101	1,108	1,115	1,124	1,134	1,146	1,160
0,65	1,1	0,503	1,146	1,096	1,073	1,078	1,083	1,089	1,096	1,104	1,114
0,58	1,0	0,449	1,101	1,067	1,052	1,055	1,058	1,062	1,067	1,073	1,079

Fonte: O Autor/Planilha Exel

Tabela 5.9 - Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 85MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014

$\alpha_{(0)}$	$\gamma_{(0)}$	$\alpha_{(1)}$	$\gamma_{z(1)}$	$\gamma_{z(2)}$	$\gamma_{z(0,90)}$	$\gamma_{z(0,85)}$	$\gamma_{z(0,80)}$	$\gamma_{z(0,75)}$	$\gamma_{z(0,70)}$	$\gamma_{z(0,65)}$	$\gamma_{z(0,60)}$
0,97	1,2	0,744	1,355	1,218	1,162	1,173	1,186	1,200	1,218	1,239	1,264
0,75	1,1	0,575	1,208	1,133	1,101	1,107	1,115	1,123	1,133	1,145	1,159
0,87	1,1	0,667	1,288	1,180	1,135	1,144	1,154	1,166	1,180	1,197	1,217
0,76	1,1	0,583	1,192	1,124	1,094	1,100	1,107	1,115	1,124	1,135	1,147
0,73	1,1	0,560	1,176	1,114	1,087	1,092	1,099	1,106	1,114	1,124	1,136
1,11	1,3	0,851	1,627	1,358	1,258	1,277	1,300	1,326	1,358	1,396	1,444
0,66	1,1	0,506	1,161	1,105	1,080	1,085	1,090	1,097	1,105	1,114	1,124
0,81	1,1	0,621	1,239	1,152	1,114	1,122	1,131	1,141	1,152	1,166	1,182
0,72	1,1	0,552	1,161	1,105	1,080	1,085	1,090	1,097	1,105	1,114	1,124
0,47	1,0	0,360	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,044	1,048	1,052	1,056
0,80	1,1	0,613	1,223	1,143	1,108	1,115	1,123	1,132	1,143	1,155	1,170
1,17	1,4	0,897	1,667	1,376	1,270	1,291	1,314	1,343	1,376	1,417	1,468
1,22	1,4	0,935	1,748	1,413	1,294	1,317	1,344	1,375	1,413	1,460	1,518
0,80	1,1	0,613	1,272	1,171	1,128	1,137	1,146	1,158	1,171	1,187	1,205
0,86	1,1	0,659	1,272	1,171	1,128	1,137	1,146	1,158	1,171	1,187	1,205

0,78	1,1	0,598	1,239	1,152	1,114	1,122	1,131	1,141	1,152	1,166	1,182
0,70	1,1	0,537	1,176	1,114	1,087	1,092	1,099	1,106	1,114	1,124	1,136
0,99	1,2	0,759	1,406	1,246	1,181	1,194	1,209	1,226	1,246	1,270	1,299
0,95	1,2	0,728	1,355	1,218	1,162	1,173	1,186	1,200	1,218	1,239	1,264
1,03	1,2	0,790	1,424	1,255	1,188	1,201	1,217	1,234	1,255	1,281	1,311
0,84	1,1	0,644	1,288	1,180	1,135	1,144	1,154	1,166	1,180	1,197	1,217
0,71	1,1	0,544	1,192	1,124	1,094	1,100	1,107	1,115	1,124	1,135	1,147
0,83	1,1	0,636	1,223	1,143	1,108	1,115	1,123	1,132	1,143	1,155	1,170
0,66	1,0	0,506	1,131	1,086	1,065	1,070	1,074	1,080	1,086	1,093	1,102
1,08	1,3	0,828	1,495	1,293	1,214	1,229	1,247	1,268	1,293	1,323	1,359
0,69	1,1	0,529	1,176	1,114	1,087	1,092	1,099	1,106	1,114	1,124	1,136
0,71	1,1	0,544	1,176	1,114	1,087	1,092	1,099	1,106	1,114	1,124	1,136
0,64	1,0	0,491	1,131	1,086	1,065	1,070	1,074	1,080	1,086	1,093	1,102
0,72	1,1	0,552	1,176	1,114	1,087	1,092	1,099	1,106	1,114	1,124	1,136
0,73	1,1	0,560	1,176	1,114	1,087	1,092	1,099	1,106	1,114	1,124	1,136
0,83	1,1	0,636	1,272	1,171	1,128	1,137	1,146	1,158	1,171	1,187	1,205
0,49	1,0	0,376	1,086	1,057	1,044	1,047	1,050	1,053	1,057	1,062	1,067
0,70	1,1	0,537	1,176	1,114	1,087	1,092	1,099	1,106	1,114	1,124	1,136
0,48	1,0	0,368	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,044	1,048	1,052	1,056
0,57	1,0	0,437	1,101	1,067	1,051	1,054	1,058	1,062	1,067	1,072	1,079
0,51	1,0	0,391	1,086	1,057	1,044	1,047	1,050	1,053	1,057	1,062	1,067
0,60	1,0	0,460	1,116	1,076	1,058	1,062	1,066	1,071	1,076	1,083	1,090
0,40	1,0	0,307	1,057	1,038	1,029	1,031	1,033	1,036	1,038	1,041	1,045
0,69	1,1	0,529	1,176	1,114	1,087	1,092	1,099	1,106	1,114	1,124	1,136
0,46	1,0	0,353	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,044	1,048	1,052	1,056
0,91	1,2	0,698	1,321	1,199	1,148	1,158	1,170	1,183	1,199	1,218	1,240
1,14	1,3	0,874	1,570	1,330	1,239	1,257	1,277	1,301	1,330	1,365	1,407
0,90	1,1	0,690	1,272	1,171	1,128	1,137	1,146	1,158	1,171	1,187	1,205
0,76	1,1	0,583	1,223	1,143	1,108	1,115	1,123	1,132	1,143	1,155	1,170
0,99	1,2	0,759	1,406	1,246	1,181	1,194	1,209	1,226	1,246	1,270	1,299
1,14	1,4	0,874	1,687	1,386	1,276	1,297	1,322	1,351	1,386	1,428	1,481
0,63	1,1	0,483	1,146	1,095	1,073	1,077	1,082	1,088	1,095	1,103	1,113
0,78	1,1	0,598	1,223	1,143	1,108	1,115	1,123	1,132	1,143	1,155	1,170
0,78	1,1	0,598	1,223	1,143	1,108	1,115	1,123	1,132	1,143	1,155	1,170
0,76	1,1	0,583	1,208	1,133	1,101	1,107	1,115	1,123	1,133	1,145	1,159
0,66	1,1	0,506	1,146	1,095	1,073	1,077	1,082	1,088	1,095	1,103	1,113
0,68	1,1	0,521	1,161	1,105	1,080	1,085	1,090	1,097	1,105	1,114	1,124
0,84	1,1	0,644	1,223	1,143	1,108	1,115	1,123	1,132	1,143	1,155	1,170
0,55	1,1	0,422	1,146	1,095	1,073	1,077	1,082	1,088	1,095	1,103	1,113
1,06	1,2	0,813	1,459	1,274	1,201	1,215	1,232	1,251	1,274	1,302	1,335
0,49	1,0	0,376	1,071	1,048	1,037	1,039	1,042	1,044	1,048	1,052	1,056
0,75	1,1	0,575	1,192	1,124	1,094	1,100	1,107	1,115	1,124	1,135	1,147
0,78	1,1	0,598	1,208	1,133	1,101	1,107	1,115	1,123	1,133	1,145	1,159
0,65	1,1	0,498	1,146	1,095	1,073	1,077	1,082	1,088	1,095	1,103	1,113
0,58	1,0	0,445	1,101	1,067	1,051	1,054	1,058	1,062	1,067	1,072	1,079

Fonte: O Autor/Planilha Exel

Tabela 5.10 - Valores do α e do γ_z para $F_{ck} = 90MPa$, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014

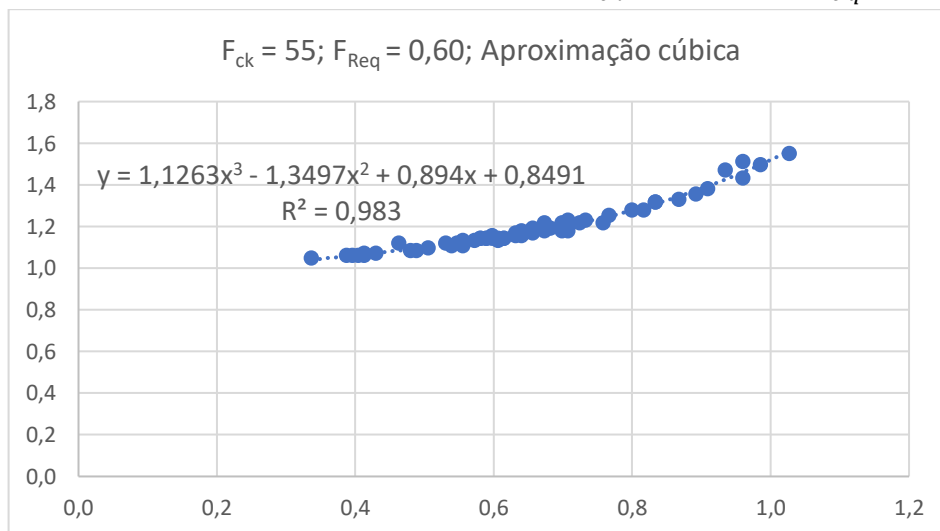
$\alpha_{(0)}$	$\gamma_{(0)}$	$\alpha_{(1)}$	$\gamma_{z(1)}$	$\gamma_{z(2)}$	$\gamma_{z(0,90)}$	$\gamma_{z(0,85)}$	$\gamma_{z(0,80)}$	$\gamma_{z(0,75)}$	$\gamma_{z(0,70)}$	$\gamma_{z(0,65)}$	$\gamma_{z(0,60)}$
0,97	1,2	0,738	1,355	1,216	1,161	1,172	1,184	1,199	1,216	1,237	1,262
0,75	1,1	0,570	1,208	1,132	1,100	1,106	1,114	1,122	1,132	1,144	1,158
0,87	1,1	0,661	1,288	1,179	1,134	1,143	1,153	1,165	1,179	1,196	1,215
0,76	1,1	0,578	1,192	1,123	1,093	1,099	1,106	1,114	1,123	1,134	1,146
0,73	1,1	0,555	1,176	1,113	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,123	1,135
1,11	1,3	0,844	1,627	1,355	1,256	1,275	1,297	1,324	1,355	1,393	1,440
0,66	1,1	0,502	1,161	1,104	1,079	1,084	1,090	1,096	1,104	1,113	1,124
0,81	1,1	0,616	1,239	1,151	1,114	1,121	1,130	1,140	1,151	1,165	1,181
0,72	1,1	0,547	1,161	1,104	1,079	1,084	1,090	1,096	1,104	1,113	1,124
0,47	1,0	0,357	1,071	1,047	1,037	1,039	1,041	1,044	1,047	1,051	1,056
0,80	1,1	0,608	1,223	1,142	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169
1,17	1,4	0,890	1,667	1,373	1,268	1,288	1,312	1,340	1,373	1,414	1,464
1,22	1,4	0,928	1,748	1,410	1,292	1,315	1,341	1,372	1,410	1,456	1,513
0,80	1,1	0,608	1,272	1,170	1,127	1,136	1,145	1,157	1,170	1,185	1,204
0,86	1,1	0,654	1,272	1,170	1,127	1,136	1,145	1,157	1,170	1,185	1,204
0,78	1,1	0,593	1,239	1,151	1,114	1,121	1,130	1,140	1,151	1,165	1,181
0,70	1,1	0,532	1,176	1,113	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,123	1,135
0,99	1,2	0,753	1,406	1,244	1,180	1,193	1,207	1,224	1,244	1,268	1,297
0,95	1,2	0,722	1,355	1,216	1,161	1,172	1,184	1,199	1,216	1,237	1,262
1,03	1,2	0,783	1,424	1,254	1,187	1,200	1,215	1,233	1,254	1,278	1,309
0,84	1,1	0,639	1,288	1,179	1,134	1,143	1,153	1,165	1,179	1,196	1,215
0,71	1,1	0,540	1,192	1,123	1,093	1,099	1,106	1,114	1,123	1,134	1,146
0,83	1,1	0,631	1,223	1,142	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169
0,66	1,0	0,502	1,131	1,085	1,065	1,069	1,074	1,079	1,085	1,092	1,101
1,08	1,3	0,821	1,495	1,291	1,212	1,228	1,245	1,266	1,291	1,320	1,356
0,69	1,1	0,525	1,176	1,113	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,123	1,135
0,71	1,1	0,540	1,176	1,113	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,123	1,135
0,64	1,0	0,487	1,131	1,085	1,065	1,069	1,074	1,079	1,085	1,092	1,101
0,72	1,1	0,547	1,176	1,113	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,123	1,135
0,73	1,1	0,555	1,176	1,113	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,123	1,135
0,83	1,1	0,631	1,272	1,170	1,127	1,136	1,145	1,157	1,170	1,185	1,204
0,49	1,0	0,373	1,086	1,057	1,044	1,046	1,049	1,053	1,057	1,062	1,067
0,70	1,1	0,532	1,176	1,113	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,123	1,135
0,48	1,0	0,365	1,071	1,047	1,037	1,039	1,041	1,044	1,047	1,051	1,056
0,57	1,0	0,433	1,101	1,066	1,051	1,054	1,058	1,062	1,066	1,072	1,078
0,51	1,0	0,388	1,086	1,057	1,044	1,046	1,049	1,053	1,057	1,062	1,067
0,60	1,0	0,456	1,116	1,076	1,058	1,062	1,066	1,070	1,076	1,082	1,090
0,40	1,0	0,304	1,057	1,038	1,029	1,031	1,033	1,035	1,038	1,041	1,045
0,69	1,1	0,525	1,176	1,113	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,123	1,135
0,46	1,0	0,350	1,071	1,047	1,037	1,039	1,041	1,044	1,047	1,051	1,056
0,91	1,2	0,692	1,321	1,198	1,147	1,157	1,169	1,182	1,198	1,216	1,239
1,14	1,3	0,867	1,570	1,327	1,237	1,255	1,275	1,299	1,327	1,362	1,404
0,90	1,1	0,684	1,272	1,170	1,127	1,136	1,145	1,157	1,170	1,185	1,204
0,76	1,1	0,578	1,223	1,142	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169
0,99	1,2	0,753	1,406	1,244	1,180	1,193	1,207	1,224	1,244	1,268	1,297

1,14	1,4	0,867	1,687	1,382	1,274	1,295	1,319	1,348	1,382	1,424	1,477
0,63	1,1	0,479	1,146	1,095	1,072	1,077	1,082	1,088	1,095	1,103	1,112
0,78	1,1	0,593	1,223	1,142	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169
0,78	1,1	0,593	1,223	1,142	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169
0,76	1,1	0,578	1,208	1,132	1,100	1,106	1,114	1,122	1,132	1,144	1,158
0,66	1,1	0,502	1,146	1,095	1,072	1,077	1,082	1,088	1,095	1,103	1,112
0,68	1,1	0,517	1,161	1,104	1,079	1,084	1,090	1,096	1,104	1,113	1,124
0,84	1,1	0,639	1,223	1,142	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169
0,55	1,1	0,418	1,146	1,095	1,072	1,077	1,082	1,088	1,095	1,103	1,112
1,06	1,2	0,806	1,459	1,272	1,200	1,214	1,230	1,249	1,272	1,299	1,332
0,49	1,0	0,373	1,071	1,047	1,037	1,039	1,041	1,044	1,047	1,051	1,056
0,75	1,1	0,570	1,192	1,123	1,093	1,099	1,106	1,114	1,123	1,134	1,146
0,78	1,1	0,593	1,208	1,132	1,100	1,106	1,114	1,122	1,132	1,144	1,158
0,65	1,1	0,494	1,146	1,095	1,072	1,077	1,082	1,088	1,095	1,103	1,112
0,58	1,0	0,441	1,101	1,066	1,051	1,054	1,058	1,062	1,066	1,072	1,078

Fonte: O Autor/Planilha Exel

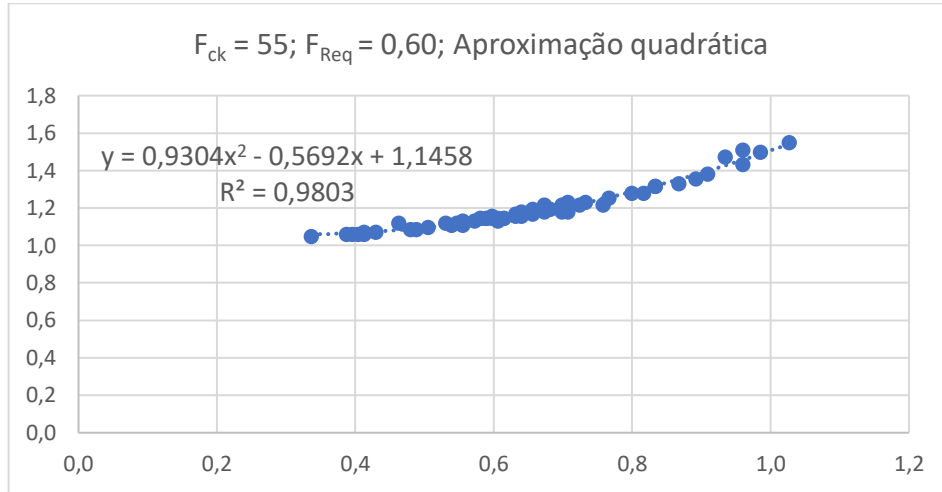
5.3. Gráficos e expressões das funções de correlação

Figura 5.2 - Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,60$



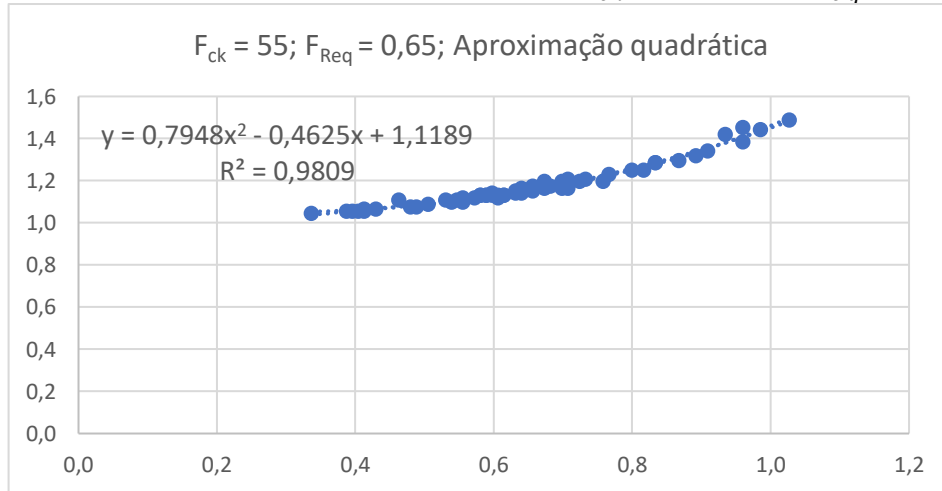
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.3 - Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,60$



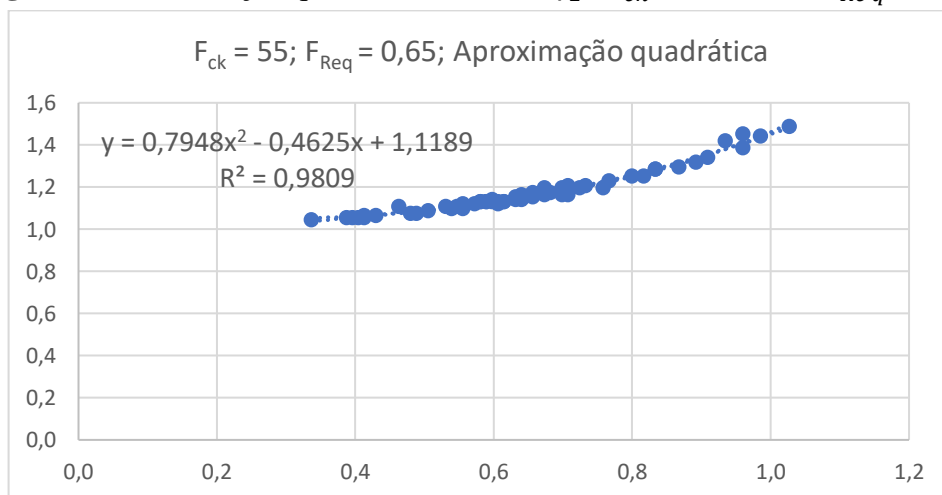
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.4 - Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,65$



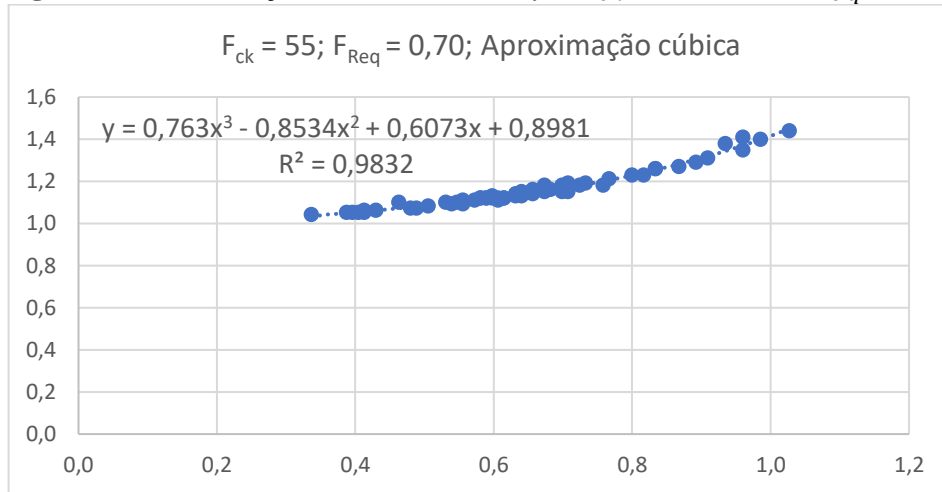
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.5 - Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,65$



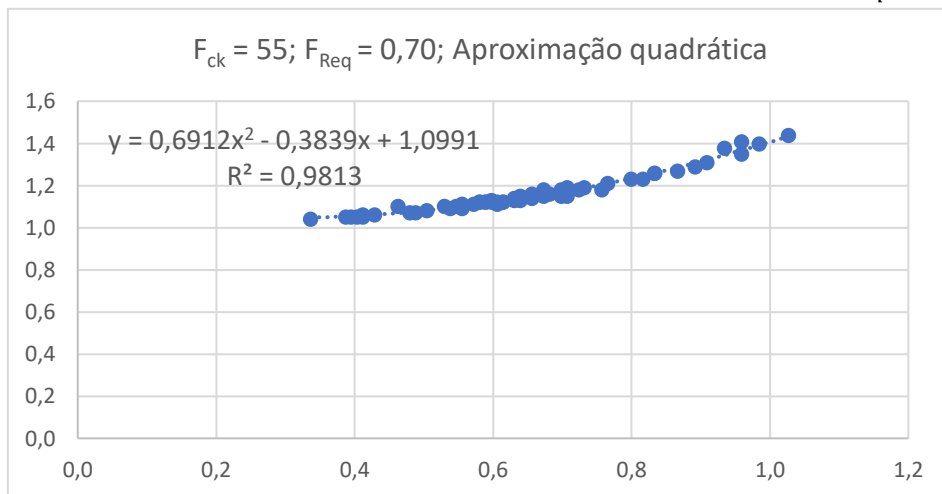
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.6 - Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,70$



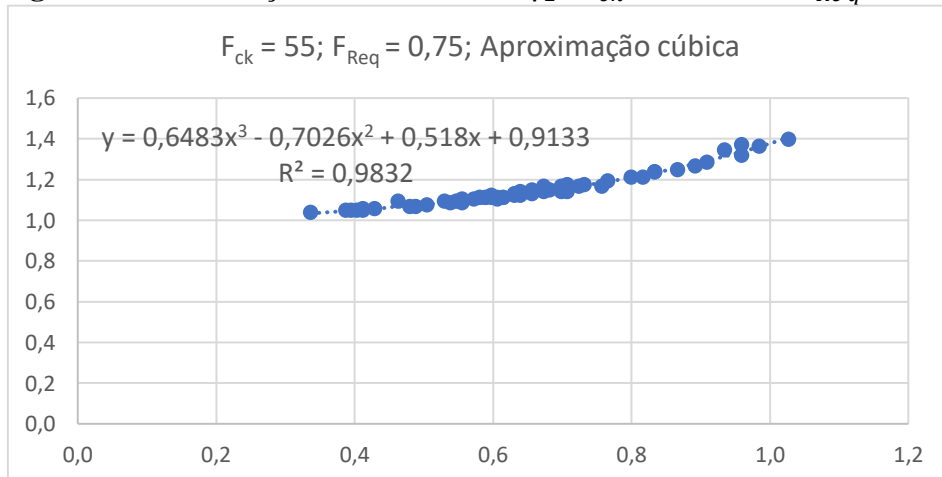
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.7 - Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,70$



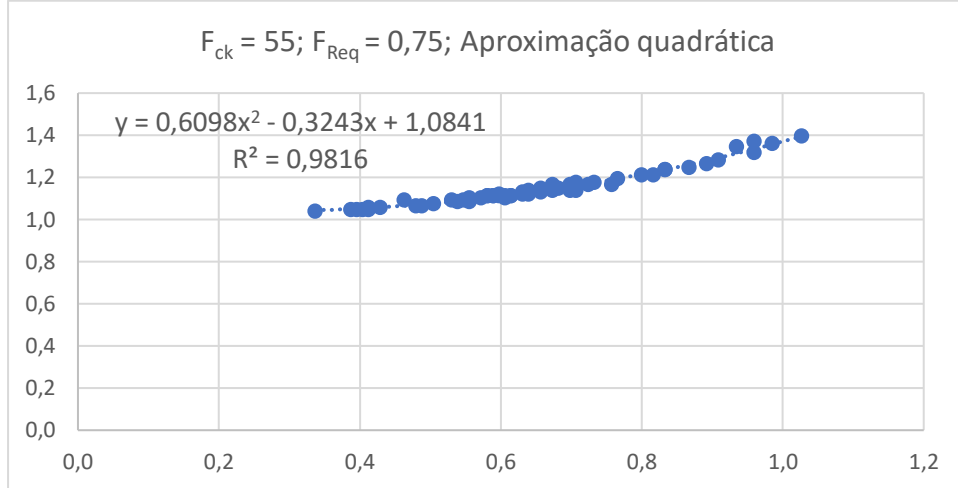
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.8 - Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,75$



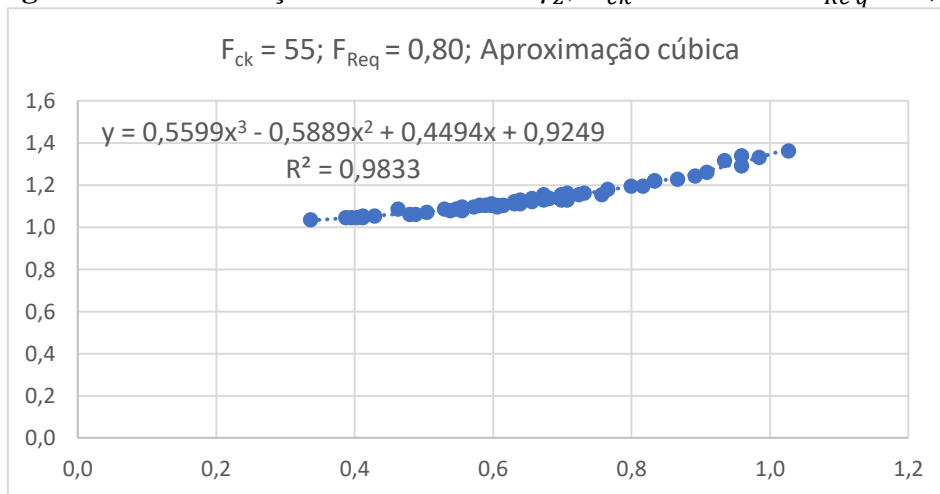
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.9 - Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,75$



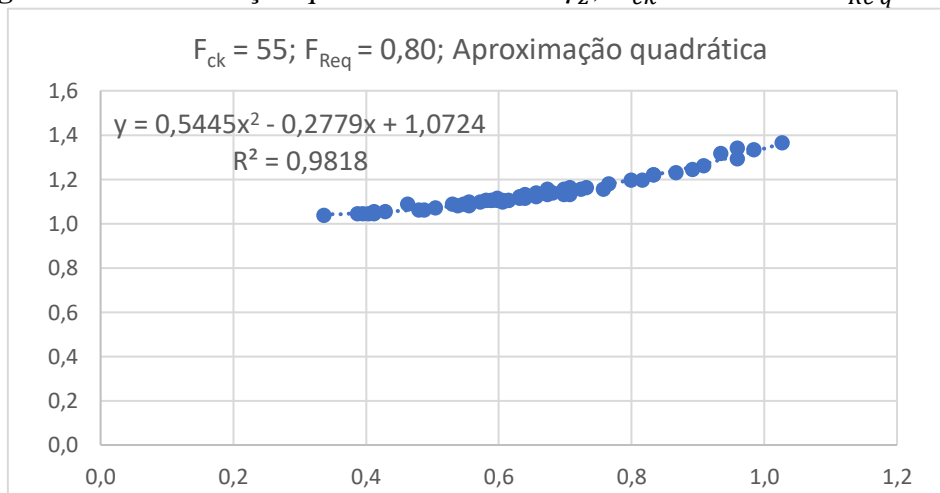
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.10 - Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,80$



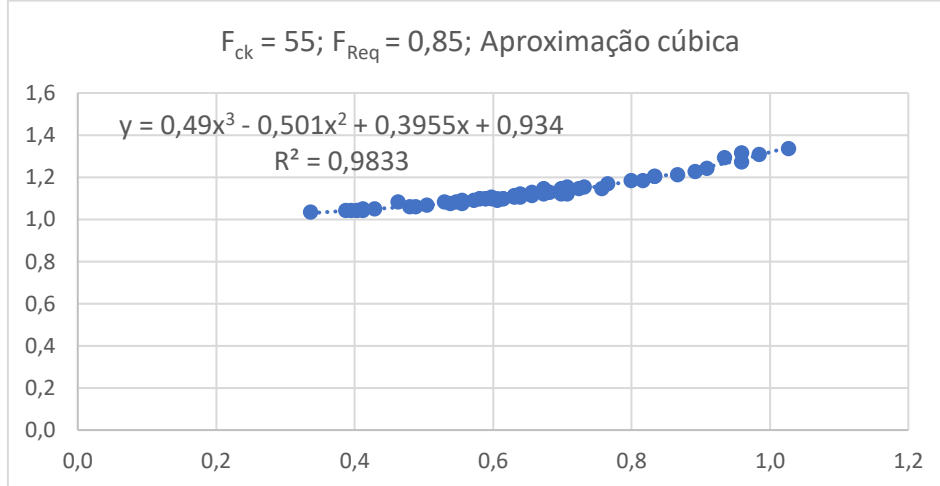
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.11 - Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,80$



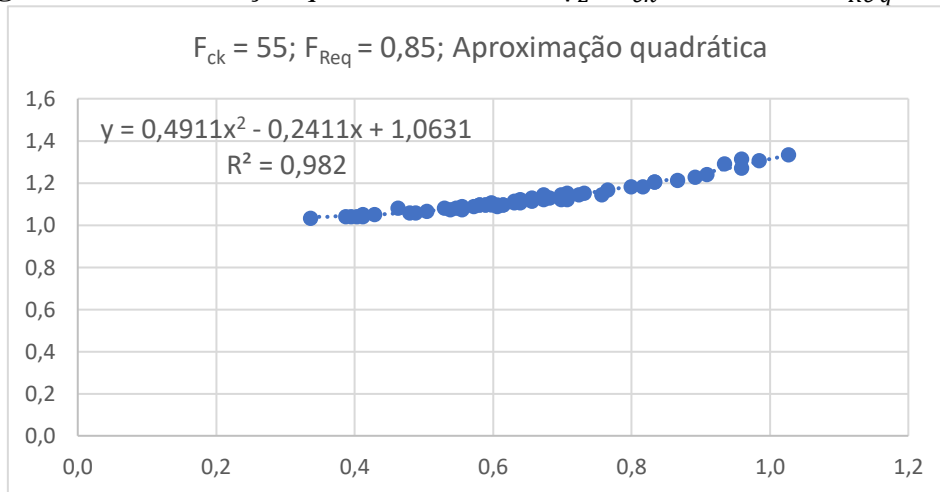
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.12 - Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,85$



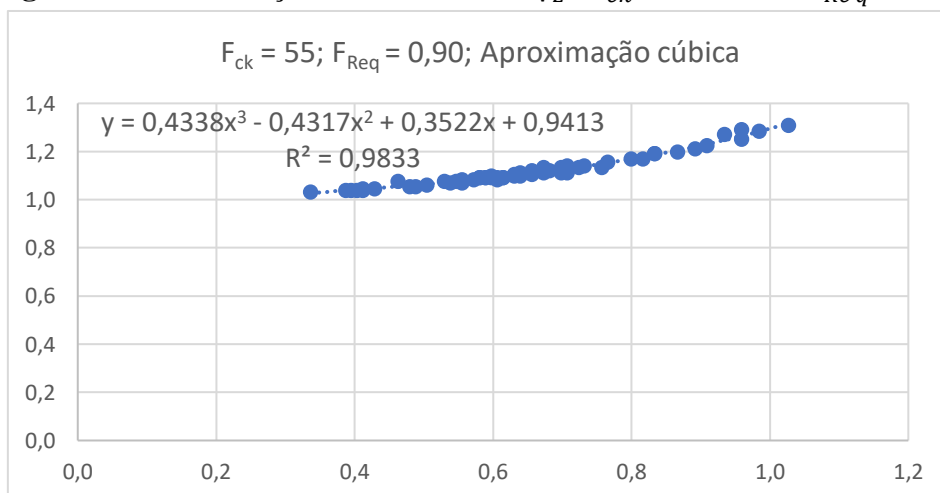
Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.13 - Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,85$

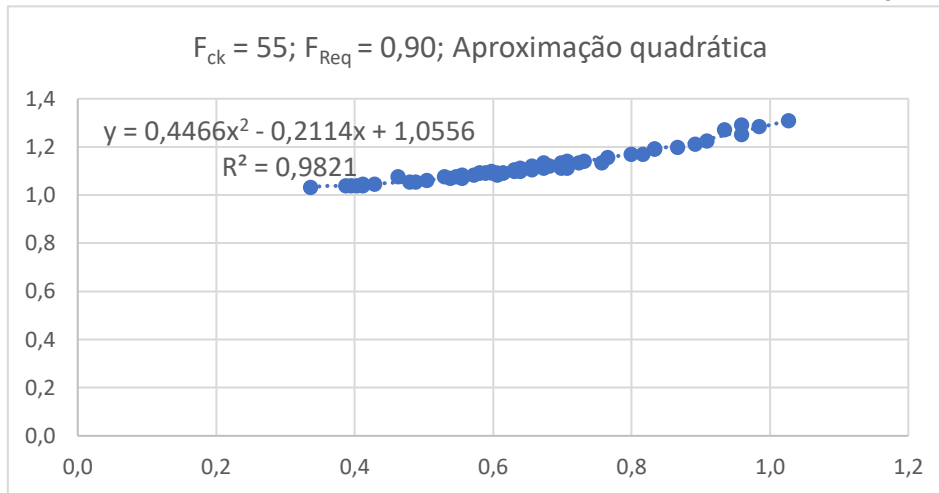


Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.14 - Correlação cúbica entre α e γ_z , $F_{ck} = 55MPa$ e $F_{Req} = 0,90$



Fonte: O Autor/Planilha Exel

Figura 5.15 - Correlação quadrática entre α e γ_z , $F_{ck} = 55\text{MPa}$ e $F_{Req} = 0,90$ 

Fonte: O Autor/Planilha Exel

Tabela 5.11 - Equações de correlação Alfa-Gama Z para $F_{ck} = 55\text{ MPa}$

$F_{Req.}$	Ordem	Equações	$\gamma_z(\alpha = 0,6)$	Eq.
0,90	3º grau	$\gamma_z = 0,43\alpha^3 - 0,43\alpha^2 + 0,35\alpha + 0,94$	1,09	(5.10)
	2º grau	$\gamma_z = 0,45\alpha^2 - 0,21\alpha + 1,06$	1,10	(5.11)
0,85	3º grau	$\gamma_z = 0,49\alpha^3 - 0,50\alpha^2 + 0,40\alpha + 0,93$	1,10	(5.12)
	2º grau	$\gamma_z = 0,49\alpha^2 - 0,24\alpha + 1,06$	1,09	(5.13)
0,80	3º grau	$\gamma_z = 0,56\alpha^3 - 0,59\alpha^2 + 0,45\alpha + 0,92$	1,10	(5.14)
	2º grau	$\gamma_z = 0,54\alpha^2 - 0,28\alpha + 1,07$	1,10	(5.15)
0,75	3º grau	$\gamma_z = 0,65\alpha^3 - 0,70\alpha^2 + 0,52\alpha + 0,91$	1,11	(5.16)
	2º grau	$\gamma_z = 0,61\alpha^2 - 0,32\alpha + 1,08$	1,11	(5.17)
0,70	3º grau	$\gamma_z = 0,76\alpha^3 - 0,85\alpha^2 + 0,61\alpha + 0,90$	1,12	(5.18)
	2º grau	$\gamma_z = 0,69\alpha^2 - 0,38\alpha + 1,10$	1,12	(5.19)
0,65	3º grau	$\gamma_z = 0,92\alpha^3 - 1,06\alpha^2 + 0,73\alpha + 0,88$	1,14	(5.20)
	2º grau	$\gamma_z = 0,79\alpha^2 - 0,46\alpha + 1,12$	1,13	(5.21)
0,60	3º grau	$\gamma_z = 1,13\alpha^3 - 1,35\alpha^2 + 0,89\alpha + 0,85$	1,14	(5.22)
	2º grau	$\gamma_z = 0,93\alpha^2 - 0,57\alpha + 1,15$	1,14	(5.23)

Fonte: O Autor

Tabela 5.12 - Equações de correlação Alfa-Gama Z para $F_{ck} = 60\text{ MPa}$

$F_{Req.}$	Ordem	Equações	$\gamma_z(\alpha = 0,6)$	Eq.
0,90	3º grau	$\gamma_z = 0,45\alpha^3 - 0,44\alpha^2 + 0,35\alpha + 0,94$	1,09	(5.24)
	2º grau	$\gamma_z = 0,46\alpha^2 - 0,21\alpha + 1,05$	1,09	(5.25)
0,85	3º grau	$\gamma_z = 0,51\alpha^3 - 0,51\alpha^2 + 0,40\alpha + 0,93$	1,10	(5.26)
	2º grau	$\gamma_z = 0,50\alpha^2 - 0,24\alpha + 1,06$	1,10	(5.27)
0,80	3º grau	$\gamma_z = 0,58\alpha^3 - 0,60\alpha^2 + 0,45\alpha + 0,93$	1,11	(5.28)
	2º grau	$\gamma_z = 0,56\alpha^2 - 0,28\alpha + 1,07$	1,10	(5.29)

0,75	3º grau	$\gamma_z = 0,68\alpha^3 - 0,72\alpha^2 + 0,52\alpha + 0,91$	1,11	(5.30)
	2º grau	$\gamma_z = 0,63\alpha^2 - 0,33\alpha + 1,08$	1,11	(5.31)
0,70	3º grau	$\gamma_z = 0,79\alpha^3 - 0,87\alpha^2 + 0,61\alpha + 0,90$	1,12	(5.32)
	2º grau	$\gamma_z = 0,71\alpha^2 - 0,38\alpha + 1,10$	1,13	(5.33)
0,65	3º grau	$\gamma_z = 0,95\alpha^3 - 1,08\alpha^2 + 0,73\alpha + 0,88$	1,13	(5.34)
	2º grau	$\gamma_z = 0,81\alpha^2 - 0,46\alpha + 1,12$	1,14	(5.35)
0,60	3º grau	$\gamma_z = 1,17\alpha^3 - 1,37\alpha^2 + 0,89\alpha + 0,85$	1,14	(5.36)
	2º grau	$\gamma_z = 0,95\alpha^2 - 0,57\alpha + 1,14$	1,14	(5.37)

Fonte: O Autor

Tabela 5.13 - Equações de correlação Alfa-Gama Z para $F_{ck} = 65$ MPa

F _{Req.}	Ordem	Equações	$\gamma_z(\alpha = 0,6)$	Eq.
0,90	3º grau	$\gamma_z = 0,47\alpha^3 - 0,45\alpha^2 + 0,36\alpha + 0,94$	1,10	(5.38)
	2º grau	$\gamma_z = 0,47\alpha^2 - 0,21\alpha + 1,05$	1,09	(5.39)
0,85	3º grau	$\gamma_z = 0,53\alpha^3 - 0,52\alpha^2 + 0,40\alpha + 0,94$	1,11	(5.40)
	2º grau	$\gamma_z = 0,52\alpha^2 - 0,24\alpha + 1,06$	1,10	(5.41)
0,80	3º grau	$\gamma_z = 0,61\alpha^3 - 0,61\alpha^2 + 0,45\alpha + 0,93$	1,11	(5.42)
	2º grau	$\gamma_z = 0,57\alpha^2 - 0,28\alpha + 1,07$	1,11	(5.43)
0,75	3º grau	$\gamma_z = 0,70\alpha^3 - 0,73\alpha^2 + 0,52\alpha + 0,92$	1,12	(5.44)
	2º grau	$\gamma_z = 0,64\alpha^2 - 0,33\alpha + 1,08$	1,11	(5.45)
0,70	3º grau	$\gamma_z = 0,82\alpha^3 - 0,88\alpha^2 + 0,61\alpha + 0,90$	1,13	(5.46)
	2º grau	$\gamma_z = 0,73\alpha^2 - 0,39\alpha + 1,10$	1,13	(5.47)
0,65	3º grau	$\gamma_z = 0,99\alpha^3 - 1,10\alpha^2 + 0,73\alpha + 0,88$	1,14	(5.48)
	2º grau	$\gamma_z = 0,83\alpha^2 - 0,46\alpha + 1,12$	1,14	(5.49)
0,60	3º grau	$\gamma_z = 1,21\alpha^3 - 1,39\alpha^2 + 0,90\alpha + 0,85$	1,15	(5.50)
	2º grau	$\gamma_z = 0,95\alpha^2 - 0,57\alpha + 1,14$	1,14	(5.51)

Fonte: O Autor

Tabela 5.14 - Equações de correlação Alfa-Gama Z para $F_{ck} = 70$ MPa

F _{Req.}	Ordem	Equações	$\gamma_z(\alpha = 0,6)$	Eq.
0,90	3º grau	$\gamma_z = 0,49\alpha^3 - 0,46\alpha^2 + 0,36\alpha + 0,94$	1,10	(5.52)
	2º grau	$\gamma_z = 0,48\alpha^2 - 0,21\alpha + 1,05$	1,10	(5.53)
0,85	3º grau	$\gamma_z = 0,55\alpha^3 - 0,53\alpha^2 + 0,40\alpha + 0,94$	1,11	(5.54)
	2º grau	$\gamma_z = 0,53\alpha^2 - 0,24\alpha + 1,06$	1,11	(5.55)
0,80	3º grau	$\gamma_z = 0,63\alpha^3 - 0,62\alpha^2 + 0,45\alpha + 0,93$	1,11	(5.56)
	2º grau	$\gamma_z = 0,59\alpha^2 - 0,28\alpha + 1,07$	1,11	(5.57)
0,75	3º grau	$\gamma_z = 0,73\alpha^3 - 0,74\alpha^2 + 0,52\alpha + 0,92$	1,12	(5.58)
	2º grau	$\gamma_z = 0,65\alpha^2 - 0,33\alpha + 1,08$	1,12	(5.59)
0,70	3º grau	$\gamma_z = 0,85\alpha^3 - 0,90\alpha^2 + 0,61\alpha + 0,90$	1,13	(5.60)

	2º grau	$\gamma_Z = 0,74\alpha^2 - 0,39\alpha + 1,10$	1,13	(5.61)
0,65	3º grau	$\gamma_Z = 1,02\alpha^3 - 1,11\alpha^2 + 0,73\alpha + 0,88$	1,14	(5.62)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,85\alpha^2 - 0,46\alpha + 1,11$	1,14	(5.63)
0,60	3º grau	$\gamma_Z = 1,25\alpha^3 - 1,41\alpha^2 + 0,90\alpha + 0,86$	1,16	(5.64)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,99\alpha^2 - 0,57\alpha + 1,14$	1,15	(5.65)

Fonte: O Autor

Tabela 5.15 - Equações de correlação Alfa-Gama Z para $F_{ck} = 75$ MPa

$F_{Req.}$	Ordem	Equações	$\gamma_z(\alpha = 0,6)$	Eq.
0,90	3º grau	$\gamma_Z = 0,51\alpha^3 - 0,46\alpha^2 + 0,36\alpha + 0,94$	1,10	(5.66)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,49\alpha^2 - 0,21\alpha + 1,05$	1,10	(5.67)
0,85	3º grau	$\gamma_Z = 0,57\alpha^3 - 0,54\alpha^2 + 0,40\alpha + 0,94$	1,11	(5.68)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,54\alpha^2 - 0,24\alpha + 1,06$	1,11	(5.69)
0,80	3º grau	$\gamma_Z = 0,65\alpha^3 - 0,63\alpha^2 + 0,46\alpha + 0,93$	1,12	(5.70)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,60\alpha^2 - 0,28\alpha + 1,07$	1,12	(5.71)
0,75	3º grau	$\gamma_Z = 0,75\alpha^3 - 0,75\alpha^2 + 0,52\alpha + 0,92$	1,12	(5.72)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,67\alpha^2 - 0,33\alpha + 1,08$	1,12	(5.73)
0,70	3º grau	$\gamma_Z = 0,88\alpha^3 - 0,91\alpha^2 + 0,61\alpha + 0,90$	1,13	(5.74)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,76\alpha^2 - 0,39\alpha + 1,09$	1,13	(5.75)
0,65	3º grau	$\gamma_Z = 1,06\alpha^3 - 1,13\alpha^2 + 0,73\alpha + 0,89$	1,15	(5.76)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,87\alpha^2 - 0,46\alpha + 1,11$	1,15	(5.77)
0,60	3º grau	$\gamma_Z = 1,29\alpha^3 - 1,43\alpha^2 + 0,89\alpha + 0,86$	1,16	(5.78)
	2º grau	$\gamma_Z = 1,01\alpha^2 - 0,57\alpha + 1,14$	1,16	(5.79)

Fonte: O Autor

Tabela 5.16 - Equações de correlação Alfa-Gama Z para $F_{ck} = 80$ MPa

$F_{Req.}$	Ordem	Equações	$\gamma_z(\alpha = 0,6)$	Eq.
0,90	3º grau	$\gamma_Z = 0,52\alpha^3 - 0,47\alpha^2 + 0,36\alpha + 0,95$	1,11	(5.80)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,50\alpha^2 - 0,21\alpha + 1,05$	1,10	(5.81)
0,85	3º grau	$\gamma_Z = 0,59\alpha^3 - 0,55\alpha^2 + 0,40\alpha + 0,94$	1,11	(5.82)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,55\alpha^2 - 0,24\alpha + 1,06$	1,11	(5.83)
0,80	3º grau	$\gamma_Z = 0,67\alpha^3 - 0,64\alpha^2 + 0,46\alpha + 0,93$	1,12	(5.84)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,61\alpha^2 - 0,28\alpha + 1,07$	1,12	(5.85)
0,75	3º grau	$\gamma_Z = 0,78\alpha^3 - 0,76\alpha^2 + 0,52\alpha + 0,92$	1,13	(5.86)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,68\alpha^2 - 0,33\alpha + 1,08$	1,13	(5.87)
0,70	3º grau	$\gamma_Z = 0,91\alpha^3 - 0,92\alpha^2 + 0,61\alpha + 0,91$	1,14	(5.88)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,77\alpha^2 - 0,39\alpha + 1,09$	1,13	(5.89)
0,65	3º grau	$\gamma_Z = 1,09\alpha^3 - 1,14\alpha^2 + 0,73\alpha + 0,89$	1,15	(5.90)
	2º grau	$\gamma_Z = 0,89\alpha^2 - 0,46\alpha + 1,11$	1,15	(5.91)

0,60	3º grau	$\gamma_z = 1,33\alpha^3 - 1,45\alpha^2 + 0,89\alpha + 0,86$	1,16	(5.92)
	2º grau	$\gamma_z = 1,03\alpha^2 - 0,57\alpha + 1,13$	1,16	(5.93)

Fonte: O Autor

Tabela 5.17 - Equações de correlação Alfa-Gama Z para $F_{ck} = 85$ MPa

$F_{Req.}$	Ordem	Equações	$\gamma_z(\alpha = 0,6)$	Eq.
0,90	3º grau	$\gamma_z = 0,53\alpha^3 - 0,47\alpha^2 + 0,36\alpha + 0,95$	1,11	(5.94)
	2º grau	$\gamma_z = 0,51\alpha^2 - 0,21\alpha + 1,05$	1,11	(5.95)
0,85	3º grau	$\gamma_z = 0,60\alpha^3 - 0,55\alpha^2 + 0,40\alpha + 0,94$	1,11	(5.96)
	2º grau	$\gamma_z = 0,56\alpha^2 - 0,24\alpha + 1,06$	1,12	(5.97)
0,80	3º grau	$\gamma_z = 0,68\alpha^3 - 0,64\alpha^2 + 0,46\alpha + 0,93$	1,12	(5.98)
	2º grau	$\gamma_z = 0,62\alpha^2 - 0,28\alpha + 1,07$	1,13	(5.99)
0,75	3º grau	$\gamma_z = 0,79\alpha^3 - 0,76\alpha^2 + 0,52\alpha + 0,92$	1,13	(5.100)
	2º grau	$\gamma_z = 0,69\alpha^2 - 0,32\alpha + 1,08$	1,14	(5.101)
0,70	3º grau	$\gamma_z = 0,92\alpha^3 - 0,92\alpha^2 + 0,61\alpha + 0,91$	1,14	(5.102)
	2º grau	$\gamma_z = 0,78\alpha^2 - 0,38\alpha + 1,09$	1,14	(5.103)
0,65	3º grau	$\gamma_z = 1,10\alpha^3 - 1,14\alpha^2 + 0,73\alpha + 0,89$	1,16	(5.104)
	2º grau	$\gamma_z = 0,89\alpha^2 - 0,46\alpha + 1,11$	1,15	(5.105)
0,60	3º grau	$\gamma_z = 1,35\alpha^3 - 1,45\alpha^2 + 0,89\alpha + 0,86$	1,16	(5.106)
	2º grau	$\gamma_z = 1,04\alpha^2 - 0,57\alpha + 1,13$	1,16	(5.107)

Fonte: O Autor

Tabela 5.18 - Equações de correlação Alfa-Gama Z para $F_{ck} = 90$ MPa

$F_{Req.}$	Ordem	Equações	$\gamma_z(\alpha = 0,6)$	Eq.
0,90	3º grau	$\gamma_z = 0,54\alpha^3 - 0,47\alpha^2 + 0,36\alpha + 0,95$	1,11	(5.108)
	2º grau	$\gamma_z = 0,51\alpha^2 - 0,21\alpha + 1,05$	1,11	(5.109)
0,85	3º grau	$\gamma_z = 0,61\alpha^3 - 0,55\alpha^2 + 0,40\alpha + 0,94$	1,11	(5.110)
	2º grau	$\gamma_z = 0,56\alpha^2 - 0,24\alpha + 1,06$	1,12	(5.111)
0,80	3º grau	$\gamma_z = 0,69\alpha^3 - 0,64\alpha^2 + 0,45\alpha + 0,93$	1,12	(5.112)
	2º grau	$\gamma_z = 0,62\alpha^2 - 0,28\alpha + 1,07$	1,13	(5.113)
0,75	3º grau	$\gamma_z = 0,80\alpha^3 - 0,76\alpha^2 + 0,52\alpha + 0,92$	1,13	(5.114)
	2º grau	$\gamma_z = 0,69\alpha^2 - 0,32\alpha + 1,08$	1,14	(5.115)
0,70	3º grau	$\gamma_z = 0,93\alpha^3 - 0,92\alpha^2 + 0,61\alpha + 0,91$	1,15	(5.116)
	2º grau	$\gamma_z = 0,78\alpha^2 - 0,38\alpha + 1,09$	1,14	(5.117)
0,65	3º grau	$\gamma_z = 1,11\alpha^3 - 1,14\alpha^2 + 0,72\alpha + 0,89$	1,15	(5.118)
	2º grau	$\gamma_z = 0,90\alpha^2 - 0,46\alpha + 1,11$	1,16	(5.119)
0,60	3º grau	$\gamma_z = 1,36\alpha^3 - 1,45\alpha^2 + 0,88\alpha + 0,86$	1,16	(5.120)
	2º grau	$\gamma_z = 1,05\alpha^2 - 0,56\alpha + 1,13$	1,17	(5.121)

Fonte: O Autor

6. TABELAS PARA O CÁLCULO DO COEFICIENTE GAMA-Z EM FUNÇÃO DO ALFA

Na elaboração do seu trabalho, Felipe (2020), analisou as equações desenvolvidas por Maracajá (2020) para atualizar os valores dos pares Alfa-Gama-Z, e ampliou o estudo já realizado das equações de correlação, adequando-as para valores de $F_{ck} = 20$ MPa até $F_{ck} = 50$ MPa excetuando-se os valores $F_{ck} = 30$ MPa e $F_{ck} = 40$ MPa já estudados por Maracajá (2020).

Neste trabalho, o autor também analisou as equações obtidos por Maracajá (2020) e Felipe (2020) e ampliou o estudo, agora considerando os concretos Classe II, isto é, para os concretos cujo F_{ck} são maiores que 50 MPa e menores ou iguais à 90 MPa.

6.1. Tabelas para valores do Gama-z obtidos de funções aproximadoras quadráticas

Tabela 6.1 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 55$ MPa (Quadrática)

$F_{ck} = 55$ MPa (Quadrática)								$F_{ck} = 55$ MPa (Quadrática) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,042	1,045	1,048	1,052	1,056	1,061	1,067	0,71	1,131	1,139	1,150	1,161	1,175	1,191	1,211
0,41	1,044	1,047	1,050	1,054	1,058	1,063	1,069	0,72	1,135	1,144	1,155	1,167	1,181	1,198	1,218
0,42	1,046	1,048	1,052	1,055	1,060	1,065	1,071	0,73	1,139	1,149	1,160	1,172	1,187	1,205	1,226
0,43	1,047	1,050	1,054	1,057	1,062	1,067	1,073	0,74	1,144	1,154	1,165	1,178	1,194	1,212	1,234
0,44	1,049	1,052	1,056	1,059	1,064	1,069	1,075	0,75	1,148	1,159	1,170	1,184	1,200	1,219	1,242
0,45	1,051	1,054	1,058	1,062	1,066	1,072	1,078	0,76	1,153	1,164	1,176	1,190	1,207	1,226	1,251
0,46	1,053	1,056	1,060	1,064	1,069	1,074	1,081	0,77	1,158	1,169	1,181	1,196	1,213	1,234	1,259
0,47	1,055	1,058	1,062	1,066	1,071	1,077	1,084	0,78	1,162	1,174	1,187	1,202	1,220	1,242	1,268
0,48	1,057	1,061	1,064	1,069	1,074	1,080	1,087	0,79	1,167	1,179	1,193	1,208	1,227	1,250	1,277
0,49	1,059	1,063	1,067	1,072	1,077	1,083	1,090	0,8	1,172	1,185	1,199	1,215	1,234	1,258	1,286
0,5	1,062	1,065	1,070	1,074	1,080	1,086	1,094	0,81	1,177	1,190	1,205	1,222	1,242	1,266	1,295
0,51	1,064	1,068	1,072	1,077	1,083	1,090	1,098	0,82	1,183	1,196	1,211	1,228	1,249	1,274	1,305
0,52	1,066	1,071	1,075	1,080	1,086	1,093	1,101	0,83	1,188	1,201	1,217	1,235	1,257	1,283	1,314
0,53	1,069	1,073	1,078	1,084	1,090	1,097	1,105	0,84	1,193	1,207	1,223	1,242	1,264	1,291	1,324
0,54	1,072	1,076	1,081	1,087	1,093	1,101	1,110	0,85	1,199	1,213	1,230	1,249	1,272	1,300	1,334
0,55	1,074	1,079	1,084	1,090	1,097	1,105	1,114	0,86	1,204	1,219	1,236	1,256	1,280	1,309	1,344
0,56	1,077	1,082	1,088	1,094	1,101	1,109	1,119	0,87	1,210	1,225	1,243	1,264	1,288	1,318	1,355
0,57	1,080	1,085	1,091	1,097	1,105	1,114	1,124	0,88	1,215	1,231	1,250	1,271	1,297	1,327	1,365
0,58	1,083	1,088	1,094	1,101	1,109	1,118	1,129	0,89	1,221	1,238	1,256	1,278	1,305	1,337	1,376
0,59	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,123	1,134	0,9	1,227	1,244	1,263	1,286	1,313	1,346	1,387
0,6	1,090	1,095	1,102	1,109	1,118	1,128	1,139	0,91	1,233	1,250	1,270	1,294	1,322	1,356	1,398
0,61	1,093	1,099	1,105	1,113	1,122	1,133	1,145	0,92	1,239	1,257	1,278	1,302	1,331	1,366	1,410
0,62	1,096	1,102	1,109	1,117	1,127	1,138	1,151	0,93	1,245	1,264	1,285	1,310	1,340	1,376	1,421
0,63	1,100	1,106	1,113	1,122	1,132	1,143	1,156	0,94	1,251	1,270	1,292	1,318	1,349	1,386	1,433

0,64	1,103	1,110	1,118	1,126	1,137	1,148	1,163	0,95	1,258	1,277	1,300	1,326	1,358	1,397	1,445
0,65	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169	0,96	1,264	1,284	1,307	1,335	1,368	1,407	1,457
0,66	1,111	1,118	1,126	1,136	1,147	1,160	1,175	0,97	1,271	1,291	1,315	1,343	1,377	1,418	1,469
0,67	1,114	1,122	1,131	1,141	1,152	1,166	1,182	0,98	1,277	1,298	1,323	1,352	1,387	1,429	1,482
0,68	1,118	1,126	1,135	1,146	1,158	1,172	1,189	0,99	1,284	1,306	1,331	1,361	1,396	1,440	1,494
0,69	1,122	1,131	1,140	1,151	1,163	1,178	1,196	1	1,291	1,313	1,339	1,370	1,406	1,451	1,507
0,7	1,126	1,135	1,145	1,156	1,169	1,185	1,203	1,01	1,298	1,321	1,347	1,379	1,416	1,463	1,520

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.2 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 60$ MPa (Quadrática)

$F_{ck} = 60$ MPa (Quadrática)								$F_{ck} = 60$ MPa (Quadrática) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,043	1,046	1,049	1,053	1,057	1,062	1,068	0,71	1,135	1,145	1,155	1,167	1,181	1,198	1,219
0,41	1,045	1,048	1,051	1,055	1,059	1,064	1,070	0,72	1,140	1,149	1,160	1,173	1,188	1,205	1,227
0,42	1,047	1,050	1,053	1,057	1,061	1,066	1,072	0,73	1,144	1,154	1,166	1,179	1,194	1,213	1,235
0,43	1,048	1,051	1,055	1,059	1,063	1,068	1,074	0,74	1,149	1,159	1,171	1,185	1,201	1,220	1,243
0,44	1,050	1,053	1,057	1,061	1,065	1,071	1,077	0,75	1,154	1,164	1,177	1,191	1,207	1,227	1,252
0,45	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,073	1,080	0,76	1,158	1,169	1,182	1,197	1,214	1,235	1,261
0,46	1,054	1,058	1,061	1,066	1,070	1,076	1,083	0,77	1,163	1,175	1,188	1,203	1,221	1,243	1,269
0,47	1,056	1,060	1,064	1,068	1,073	1,079	1,086	0,78	1,168	1,180	1,194	1,210	1,228	1,251	1,278
0,48	1,059	1,062	1,066	1,071	1,076	1,082	1,089	0,79	1,173	1,186	1,200	1,216	1,236	1,259	1,288
0,49	1,061	1,065	1,069	1,074	1,079	1,085	1,093	0,8	1,178	1,191	1,206	1,223	1,243	1,267	1,297
0,5	1,063	1,067	1,072	1,077	1,082	1,089	1,097	0,81	1,184	1,197	1,212	1,230	1,251	1,276	1,307
0,51	1,066	1,070	1,074	1,080	1,086	1,092	1,100	0,82	1,189	1,203	1,218	1,237	1,258	1,285	1,317
0,52	1,068	1,073	1,077	1,083	1,089	1,096	1,105	0,83	1,195	1,209	1,225	1,244	1,266	1,293	1,327
0,53	1,071	1,076	1,081	1,086	1,093	1,100	1,109	0,84	1,200	1,215	1,231	1,251	1,274	1,302	1,337
0,54	1,074	1,079	1,084	1,090	1,096	1,104	1,113	0,85	1,206	1,221	1,238	1,258	1,282	1,311	1,347
0,55	1,077	1,082	1,087	1,093	1,100	1,108	1,118	0,86	1,211	1,227	1,245	1,266	1,291	1,321	1,358
0,56	1,080	1,085	1,090	1,097	1,104	1,113	1,123	0,87	1,217	1,233	1,252	1,273	1,299	1,330	1,369
0,57	1,083	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,128	0,88	1,223	1,240	1,259	1,281	1,308	1,340	1,380
0,58	1,086	1,091	1,098	1,105	1,113	1,122	1,133	0,89	1,229	1,246	1,266	1,289	1,316	1,350	1,391
0,59	1,089	1,095	1,101	1,109	1,117	1,127	1,139	0,9	1,235	1,253	1,273	1,297	1,325	1,360	1,402
0,6	1,093	1,099	1,105	1,113	1,122	1,132	1,144	0,91	1,241	1,259	1,280	1,305	1,334	1,370	1,414
0,61	1,096	1,102	1,109	1,117	1,126	1,137	1,150	0,92	1,248	1,266	1,288	1,313	1,343	1,380	1,425
0,62	1,099	1,106	1,113	1,122	1,131	1,143	1,156	0,93	1,254	1,273	1,295	1,321	1,353	1,390	1,437
0,63	1,103	1,110	1,117	1,126	1,136	1,148	1,162	0,94	1,260	1,280	1,303	1,330	1,362	1,401	1,449
0,64	1,107	1,114	1,122	1,131	1,141	1,154	1,169	0,95	1,267	1,287	1,311	1,338	1,371	1,412	1,462
0,65	1,111	1,118	1,126	1,136	1,147	1,160	1,175	0,96	1,274	1,294	1,319	1,347	1,381	1,423	1,474
0,66	1,114	1,122	1,131	1,141	1,152	1,166	1,182	0,97	1,280	1,302	1,327	1,356	1,391	1,434	1,487
0,67	1,118	1,126	1,135	1,146	1,158	1,172	1,189	0,98	1,287	1,309	1,335	1,365	1,401	1,445	1,500
0,68	1,123	1,131	1,140	1,151	1,163	1,178	1,196	0,99	1,294	1,317	1,343	1,374	1,411	1,456	1,513
0,69	1,127	1,135	1,145	1,156	1,169	1,185	1,204	1	1,301	1,324	1,351	1,383	1,421	1,468	1,526
0,7	1,131	1,140	1,150	1,162	1,175	1,192	1,211	1,01	1,308	1,332	1,360	1,392	1,432	1,480	1,540

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.3 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 65$ MPa (Quadrática)

$F_{ck} = 65$ MPa (Quadrática)								$F_{ck} = 65$ MPa (Quadrática) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,044	1,047	1,050	1,054	1,058	1,063	1,069	0,71	1,140	1,149	1,160	1,173	1,188	1,206	1,227
0,41	1,046	1,049	1,052	1,056	1,060	1,065	1,071	0,72	1,145	1,154	1,166	1,179	1,195	1,213	1,235
0,42	1,048	1,051	1,054	1,058	1,062	1,067	1,073	0,73	1,149	1,159	1,171	1,185	1,201	1,220	1,244
0,43	1,050	1,053	1,056	1,060	1,064	1,070	1,076	0,74	1,154	1,165	1,177	1,191	1,208	1,228	1,253
0,44	1,051	1,055	1,058	1,062	1,067	1,072	1,079	0,75	1,159	1,170	1,183	1,197	1,215	1,236	1,261
0,45	1,054	1,057	1,060	1,065	1,069	1,075	1,082	0,76	1,164	1,175	1,189	1,204	1,222	1,244	1,270
0,46	1,056	1,059	1,063	1,067	1,072	1,078	1,085	0,77	1,169	1,181	1,194	1,210	1,229	1,252	1,280
0,47	1,058	1,061	1,065	1,070	1,075	1,081	1,088	0,78	1,174	1,186	1,201	1,217	1,237	1,260	1,289
0,48	1,060	1,064	1,068	1,073	1,078	1,084	1,092	0,79	1,179	1,192	1,207	1,224	1,244	1,269	1,299
0,49	1,063	1,066	1,071	1,076	1,081	1,088	1,095	0,8	1,185	1,198	1,213	1,231	1,252	1,277	1,308
0,5	1,065	1,069	1,074	1,079	1,085	1,091	1,099	0,81	1,190	1,204	1,219	1,238	1,260	1,286	1,318
0,51	1,068	1,072	1,077	1,082	1,088	1,095	1,104	0,82	1,196	1,210	1,226	1,245	1,268	1,295	1,328
0,52	1,071	1,075	1,080	1,085	1,092	1,099	1,108	0,83	1,201	1,216	1,233	1,252	1,276	1,304	1,339
0,53	1,073	1,078	1,083	1,089	1,095	1,103	1,112	0,84	1,207	1,222	1,239	1,260	1,284	1,313	1,349
0,54	1,076	1,081	1,086	1,092	1,099	1,108	1,117	0,85	1,213	1,228	1,246	1,267	1,292	1,323	1,360
0,55	1,079	1,084	1,090	1,096	1,103	1,112	1,122	0,86	1,219	1,235	1,253	1,275	1,301	1,332	1,371
0,56	1,082	1,087	1,093	1,100	1,108	1,117	1,127	0,87	1,225	1,241	1,260	1,283	1,310	1,342	1,382
0,57	1,086	1,091	1,097	1,104	1,112	1,121	1,132	0,88	1,231	1,248	1,268	1,291	1,319	1,352	1,394
0,58	1,089	1,094	1,101	1,108	1,116	1,126	1,138	0,89	1,237	1,255	1,275	1,299	1,328	1,362	1,405
0,59	1,092	1,098	1,105	1,112	1,121	1,131	1,144	0,9	1,243	1,261	1,282	1,307	1,337	1,372	1,417
0,6	1,096	1,102	1,109	1,117	1,126	1,137	1,150	0,91	1,250	1,268	1,290	1,315	1,346	1,383	1,429
0,61	1,099	1,106	1,113	1,121	1,131	1,142	1,156	0,92	1,256	1,275	1,298	1,324	1,355	1,394	1,441
0,62	1,103	1,109	1,117	1,126	1,136	1,148	1,162	0,93	1,263	1,282	1,305	1,332	1,365	1,404	1,453
0,63	1,107	1,113	1,121	1,130	1,141	1,154	1,168	0,94	1,269	1,290	1,313	1,341	1,375	1,415	1,466
0,64	1,110	1,118	1,126	1,135	1,146	1,160	1,175	0,95	1,276	1,297	1,321	1,350	1,384	1,426	1,479
0,65	1,114	1,122	1,131	1,140	1,152	1,166	1,182	0,96	1,283	1,304	1,330	1,359	1,394	1,438	1,491
0,66	1,118	1,126	1,135	1,145	1,158	1,172	1,189	0,97	1,290	1,312	1,338	1,368	1,405	1,449	1,505
0,67	1,123	1,131	1,140	1,151	1,163	1,178	1,196	0,98	1,297	1,320	1,346	1,377	1,415	1,461	1,518
0,68	1,127	1,135	1,145	1,156	1,169	1,185	1,204	0,99	1,304	1,327	1,355	1,387	1,425	1,472	1,531
0,69	1,131	1,140	1,150	1,162	1,175	1,192	1,211	1	1,311	1,335	1,363	1,396	1,436	1,484	1,545
0,7	1,135	1,145	1,155	1,167	1,182	1,199	1,219	1,01	1,319	1,343	1,372	1,406	1,447	1,497	1,559

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.4 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 70$ MPa (Quadrática)

$F_{ck} = 70$ MPa (Quadrática)								$F_{ck} = 70$ MPa (Quadrática) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6

0,4	1,045	1,048	1,051	1,055	1,059	1,064	1,070	0,71	1,144	1,154	1,166	1,179	1,194	1,213	1,235
0,41	1,047	1,050	1,053	1,057	1,061	1,066	1,072	0,72	1,149	1,159	1,171	1,185	1,201	1,220	1,244
0,42	1,049	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,075	0,73	1,154	1,165	1,177	1,191	1,208	1,228	1,253
0,43	1,051	1,054	1,057	1,061	1,066	1,071	1,077	0,74	1,159	1,170	1,183	1,198	1,215	1,236	1,261
0,44	1,053	1,056	1,059	1,064	1,068	1,074	1,080	0,75	1,164	1,175	1,189	1,204	1,222	1,244	1,271
0,45	1,055	1,058	1,062	1,066	1,071	1,077	1,084	0,76	1,169	1,181	1,195	1,211	1,230	1,252	1,280
0,46	1,057	1,060	1,064	1,069	1,074	1,080	1,087	0,77	1,174	1,187	1,201	1,217	1,237	1,261	1,289
0,47	1,059	1,063	1,067	1,072	1,077	1,083	1,090	0,78	1,180	1,192	1,207	1,224	1,245	1,269	1,299
0,48	1,062	1,066	1,070	1,075	1,080	1,087	1,094	0,79	1,185	1,198	1,213	1,231	1,252	1,278	1,309
0,49	1,064	1,068	1,073	1,078	1,083	1,090	1,098	0,8	1,191	1,204	1,220	1,238	1,260	1,287	1,319
0,5	1,067	1,071	1,076	1,081	1,087	1,094	1,102	0,81	1,196	1,210	1,227	1,246	1,268	1,296	1,329
0,51	1,070	1,074	1,079	1,084	1,091	1,098	1,107	0,82	1,202	1,216	1,233	1,253	1,277	1,305	1,340
0,52	1,072	1,077	1,082	1,088	1,094	1,102	1,111	0,83	1,208	1,223	1,240	1,261	1,285	1,314	1,351
0,53	1,075	1,080	1,085	1,091	1,098	1,106	1,116	0,84	1,214	1,229	1,247	1,268	1,294	1,324	1,362
0,54	1,078	1,083	1,089	1,095	1,102	1,111	1,121	0,85	1,220	1,236	1,254	1,276	1,302	1,334	1,373
0,55	1,082	1,087	1,092	1,099	1,107	1,115	1,126	0,86	1,226	1,242	1,261	1,284	1,311	1,344	1,384
0,56	1,085	1,090	1,096	1,103	1,111	1,120	1,131	0,87	1,232	1,249	1,269	1,292	1,320	1,354	1,396
0,57	1,088	1,094	1,100	1,107	1,115	1,125	1,137	0,88	1,238	1,256	1,276	1,300	1,329	1,364	1,407
0,58	1,091	1,097	1,104	1,111	1,120	1,130	1,143	0,89	1,244	1,263	1,284	1,309	1,338	1,374	1,419
0,59	1,095	1,101	1,108	1,116	1,125	1,136	1,149	0,9	1,251	1,270	1,291	1,317	1,348	1,385	1,431
0,6	1,099	1,105	1,112	1,120	1,130	1,141	1,155	0,91	1,258	1,277	1,299	1,326	1,357	1,396	1,444
0,61	1,102	1,109	1,116	1,125	1,135	1,147	1,161	0,92	1,264	1,284	1,307	1,335	1,367	1,407	1,456
0,62	1,106	1,113	1,121	1,130	1,140	1,153	1,168	0,93	1,271	1,291	1,315	1,343	1,377	1,418	1,469
0,63	1,110	1,117	1,125	1,135	1,146	1,159	1,174	0,94	1,278	1,299	1,323	1,352	1,387	1,429	1,482
0,64	1,114	1,121	1,130	1,140	1,151	1,165	1,181	0,95	1,285	1,306	1,332	1,361	1,397	1,441	1,495
0,65	1,118	1,126	1,135	1,145	1,157	1,171	1,188	0,96	1,292	1,314	1,340	1,371	1,407	1,452	1,508
0,66	1,122	1,130	1,139	1,150	1,163	1,178	1,196	0,97	1,299	1,322	1,349	1,380	1,418	1,464	1,522
0,67	1,126	1,135	1,144	1,156	1,169	1,184	1,203	0,98	1,306	1,330	1,357	1,390	1,428	1,476	1,535
0,68	1,131	1,139	1,150	1,161	1,175	1,191	1,211	0,99	1,314	1,338	1,366	1,399	1,439	1,488	1,549
0,69	1,135	1,144	1,155	1,167	1,181	1,198	1,219	1	1,321	1,346	1,375	1,409	1,450	1,500	1,563
0,7	1,140	1,149	1,160	1,173	1,188	1,205	1,227	1,01	1,329	1,354	1,384	1,419	1,461	1,513	1,577

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.5 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 75$ MPa (Quadrática)

$F_{ck} = 75$ MPa (Quadrática)								$F_{ck} = 75$ MPa (Quadrática) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,046	1,049	1,052	1,056	1,060	1,065	1,071	0,71	1,149	1,159	1,171	1,184	1,201	1,220	1,243
0,41	1,048	1,051	1,054	1,058	1,062	1,067	1,073	0,72	1,154	1,164	1,177	1,191	1,208	1,228	1,252
0,42	1,050	1,053	1,056	1,060	1,065	1,070	1,076	0,73	1,159	1,170	1,182	1,197	1,215	1,236	1,261
0,43	1,052	1,055	1,058	1,062	1,067	1,073	1,079	0,74	1,164	1,175	1,188	1,204	1,222	1,244	1,270
0,44	1,054	1,057	1,061	1,065	1,070	1,075	1,082	0,75	1,169	1,181	1,194	1,210	1,229	1,252	1,280

0,45	1,056	1,059	1,063	1,068	1,073	1,079	1,085	0,76	1,174	1,187	1,201	1,217	1,237	1,260	1,289
0,46	1,058	1,062	1,066	1,070	1,076	1,082	1,089	0,77	1,180	1,192	1,207	1,224	1,245	1,269	1,299
0,47	1,061	1,064	1,069	1,073	1,079	1,085	1,093	0,78	1,185	1,198	1,214	1,231	1,253	1,278	1,309
0,48	1,063	1,067	1,072	1,076	1,082	1,089	1,097	0,79	1,191	1,204	1,220	1,239	1,261	1,287	1,319
0,49	1,066	1,070	1,075	1,080	1,086	1,093	1,101	0,8	1,196	1,210	1,227	1,246	1,269	1,296	1,330
0,5	1,069	1,073	1,078	1,083	1,089	1,097	1,105	0,81	1,202	1,217	1,234	1,254	1,277	1,305	1,340
0,51	1,072	1,076	1,081	1,087	1,093	1,101	1,110	0,82	1,208	1,223	1,241	1,261	1,286	1,315	1,351
0,52	1,074	1,079	1,084	1,090	1,097	1,105	1,114	0,83	1,214	1,230	1,248	1,269	1,294	1,325	1,362
0,53	1,077	1,082	1,088	1,094	1,101	1,110	1,119	0,84	1,220	1,236	1,255	1,277	1,303	1,335	1,373
0,54	1,081	1,086	1,091	1,098	1,105	1,114	1,124	0,85	1,226	1,243	1,262	1,285	1,312	1,345	1,385
0,55	1,084	1,089	1,095	1,102	1,110	1,119	1,130	0,86	1,232	1,250	1,270	1,293	1,321	1,355	1,397
0,56	1,087	1,093	1,099	1,106	1,114	1,124	1,135	0,87	1,239	1,257	1,277	1,301	1,330	1,365	1,408
0,57	1,091	1,096	1,103	1,110	1,119	1,129	1,141	0,88	1,245	1,264	1,285	1,310	1,340	1,376	1,421
0,58	1,094	1,100	1,107	1,115	1,124	1,135	1,147	0,89	1,252	1,271	1,293	1,318	1,349	1,386	1,433
0,59	1,098	1,104	1,111	1,119	1,129	1,140	1,153	0,9	1,259	1,278	1,300	1,327	1,359	1,397	1,445
0,6	1,101	1,108	1,115	1,124	1,134	1,146	1,160	0,91	1,265	1,285	1,309	1,336	1,369	1,408	1,458
0,61	1,105	1,112	1,120	1,129	1,139	1,152	1,166	0,92	1,272	1,293	1,317	1,345	1,379	1,420	1,471
0,62	1,109	1,116	1,124	1,134	1,145	1,158	1,173	0,93	1,279	1,300	1,325	1,354	1,389	1,431	1,484
0,63	1,113	1,121	1,129	1,139	1,150	1,164	1,180	0,94	1,286	1,308	1,333	1,363	1,399	1,443	1,497
0,64	1,117	1,125	1,134	1,144	1,156	1,170	1,187	0,95	1,293	1,316	1,342	1,373	1,410	1,455	1,511
0,65	1,121	1,130	1,139	1,149	1,162	1,177	1,195	0,96	1,301	1,324	1,350	1,382	1,420	1,466	1,524
0,66	1,126	1,134	1,144	1,155	1,168	1,184	1,202	0,97	1,308	1,332	1,359	1,392	1,431	1,479	1,538
0,67	1,130	1,139	1,149	1,161	1,174	1,190	1,210	0,98	1,315	1,340	1,368	1,402	1,442	1,491	1,552
0,68	1,135	1,144	1,154	1,166	1,181	1,198	1,218	0,99	1,323	1,348	1,377	1,411	1,453	1,503	1,567
0,69	1,139	1,149	1,160	1,172	1,187	1,205	1,226	1	1,331	1,356	1,386	1,422	1,464	1,516	1,581
0,7	1,144	1,154	1,165	1,178	1,194	1,212	1,235	1,01	1,338	1,365	1,395	1,432	1,475	1,529	1,596

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.6 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 80$ MPa (Quadrática)

$F_{ck} = 80$ MPa (Quadrática)								$F_{ck} = 80$ MPa (Quadrática) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,047	1,050	1,053	1,057	1,061	1,066	1,072	0,71	1,153	1,164	1,176	1,190	1,207	1,227	1,251
0,41	1,049	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,074	0,72	1,158	1,169	1,182	1,197	1,214	1,235	1,260
0,42	1,051	1,054	1,057	1,061	1,066	1,071	1,077	0,73	1,163	1,175	1,188	1,203	1,221	1,243	1,269
0,43	1,053	1,056	1,060	1,064	1,068	1,074	1,080	0,74	1,169	1,180	1,194	1,210	1,229	1,251	1,279
0,44	1,055	1,058	1,062	1,066	1,071	1,077	1,084	0,75	1,174	1,186	1,200	1,217	1,236	1,260	1,289
0,45	1,057	1,061	1,065	1,069	1,074	1,080	1,087	0,76	1,179	1,192	1,207	1,224	1,244	1,269	1,299
0,46	1,060	1,063	1,067	1,072	1,077	1,084	1,091	0,77	1,185	1,198	1,213	1,231	1,252	1,278	1,309
0,47	1,062	1,066	1,070	1,075	1,081	1,087	1,095	0,78	1,191	1,204	1,220	1,238	1,260	1,287	1,319
0,48	1,065	1,069	1,073	1,078	1,084	1,091	1,099	0,79	1,196	1,210	1,227	1,246	1,269	1,296	1,329
0,49	1,068	1,072	1,076	1,082	1,088	1,095	1,103	0,8	1,202	1,217	1,234	1,254	1,277	1,305	1,340
0,5	1,070	1,075	1,080	1,085	1,092	1,099	1,108	0,81	1,208	1,223	1,241	1,261	1,286	1,315	1,351

0,51	1,073	1,078	1,083	1,089	1,096	1,103	1,113	0,82	1,214	1,230	1,248	1,269	1,294	1,325	1,362
0,52	1,076	1,081	1,087	1,093	1,100	1,108	1,118	0,83	1,220	1,236	1,255	1,277	1,303	1,335	1,374
0,53	1,080	1,085	1,090	1,097	1,104	1,113	1,123	0,84	1,227	1,243	1,262	1,285	1,312	1,345	1,385
0,54	1,083	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,128	0,85	1,233	1,250	1,270	1,293	1,321	1,355	1,397
0,55	1,086	1,092	1,098	1,105	1,113	1,122	1,134	0,86	1,239	1,257	1,278	1,302	1,331	1,366	1,409
0,56	1,090	1,095	1,102	1,109	1,118	1,128	1,139	0,87	1,246	1,264	1,285	1,310	1,340	1,376	1,421
0,57	1,093	1,099	1,106	1,114	1,122	1,133	1,145	0,88	1,252	1,271	1,293	1,319	1,350	1,387	1,434
0,58	1,097	1,103	1,110	1,118	1,127	1,139	1,152	0,89	1,259	1,279	1,301	1,328	1,360	1,398	1,446
0,59	1,100	1,107	1,114	1,123	1,133	1,144	1,158	0,9	1,266	1,286	1,309	1,337	1,370	1,410	1,459
0,6	1,104	1,111	1,119	1,128	1,138	1,150	1,165	0,91	1,273	1,294	1,318	1,346	1,380	1,421	1,472
0,61	1,108	1,115	1,123	1,133	1,143	1,156	1,171	0,92	1,280	1,301	1,326	1,355	1,390	1,432	1,485
0,62	1,112	1,120	1,128	1,138	1,149	1,163	1,179	0,93	1,287	1,309	1,334	1,365	1,400	1,444	1,499
0,63	1,116	1,124	1,133	1,143	1,155	1,169	1,186	0,94	1,294	1,317	1,343	1,374	1,411	1,456	1,512
0,64	1,121	1,129	1,138	1,149	1,161	1,176	1,193	0,95	1,302	1,325	1,352	1,384	1,422	1,468	1,526
0,65	1,125	1,133	1,143	1,154	1,167	1,182	1,201	0,96	1,309	1,333	1,361	1,393	1,433	1,481	1,540
0,66	1,129	1,138	1,148	1,160	1,173	1,189	1,209	0,97	1,317	1,341	1,370	1,403	1,444	1,493	1,554
0,67	1,134	1,143	1,153	1,166	1,180	1,196	1,217	0,98	1,324	1,350	1,379	1,413	1,455	1,506	1,569
0,68	1,139	1,148	1,159	1,171	1,186	1,204	1,225	0,99	1,332	1,358	1,388	1,424	1,466	1,518	1,584
0,69	1,143	1,153	1,164	1,178	1,193	1,211	1,233	1	1,340	1,367	1,397	1,434	1,478	1,531	1,599
0,7	1,148	1,158	1,170	1,184	1,200	1,219	1,242	1,01	1,348	1,375	1,407	1,444	1,489	1,545	1,614

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.7 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 85$ MPa (Quadrática)

$F_{ck} = 85$ MPa (Quadrática)								$F_{ck} = 85$ MPa (Quadrática) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,047	1,050	1,053	1,057	1,061	1,066	1,072	0,71	1,155	1,166	1,178	1,193	1,210	1,230	1,255
0,41	1,049	1,052	1,055	1,059	1,064	1,069	1,075	0,72	1,160	1,171	1,184	1,199	1,217	1,238	1,264
0,42	1,051	1,054	1,058	1,062	1,066	1,072	1,078	0,73	1,165	1,177	1,190	1,206	1,224	1,247	1,273
0,43	1,053	1,056	1,060	1,064	1,069	1,075	1,081	0,74	1,171	1,183	1,197	1,213	1,232	1,255	1,283
0,44	1,056	1,059	1,063	1,067	1,072	1,078	1,085	0,75	1,176	1,189	1,203	1,220	1,240	1,264	1,293
0,45	1,058	1,061	1,065	1,070	1,075	1,081	1,088	0,76	1,182	1,195	1,210	1,227	1,248	1,273	1,303
0,46	1,060	1,064	1,068	1,073	1,078	1,085	1,092	0,77	1,187	1,201	1,216	1,234	1,256	1,282	1,313
0,47	1,063	1,067	1,071	1,076	1,082	1,088	1,096	0,78	1,193	1,207	1,223	1,242	1,264	1,291	1,324
0,48	1,066	1,070	1,074	1,079	1,085	1,092	1,100	0,79	1,199	1,213	1,230	1,249	1,272	1,300	1,334
0,49	1,068	1,073	1,077	1,083	1,089	1,096	1,105	0,8	1,205	1,220	1,237	1,257	1,281	1,310	1,345
0,5	1,071	1,076	1,081	1,086	1,093	1,100	1,109	0,81	1,211	1,226	1,244	1,265	1,289	1,319	1,356
0,51	1,074	1,079	1,084	1,090	1,097	1,105	1,114	0,82	1,217	1,233	1,251	1,273	1,298	1,329	1,368
0,52	1,077	1,082	1,088	1,094	1,101	1,109	1,119	0,83	1,223	1,239	1,259	1,281	1,307	1,339	1,379
0,53	1,081	1,086	1,091	1,098	1,105	1,114	1,124	0,84	1,229	1,246	1,266	1,289	1,316	1,350	1,391
0,54	1,084	1,089	1,095	1,102	1,110	1,119	1,130	0,85	1,236	1,253	1,274	1,297	1,326	1,360	1,403
0,55	1,087	1,093	1,099	1,106	1,114	1,124	1,136	0,86	1,242	1,260	1,281	1,306	1,335	1,371	1,415
0,56	1,091	1,096	1,103	1,111	1,119	1,129	1,142	0,87	1,249	1,268	1,289	1,315	1,345	1,382	1,427
0,57	1,094	1,100	1,107	1,115	1,124	1,135	1,148	0,88	1,256	1,275	1,297	1,323	1,355	1,393	1,440
0,58	1,098	1,104	1,111	1,120	1,129	1,141	1,154	0,89	1,263	1,282	1,305	1,332	1,364	1,404	1,452
0,59	1,102	1,108	1,116	1,124	1,135	1,146	1,160	0,9	1,270	1,290	1,313	1,341	1,375	1,415	1,465

0,6	1,106	1,113	1,120	1,129	1,140	1,152	1,167	0,91	1,277	1,297	1,322	1,350	1,385	1,427	1,478
0,61	1,110	1,117	1,125	1,134	1,145	1,159	1,174	0,92	1,284	1,305	1,330	1,360	1,395	1,438	1,492
0,62	1,114	1,121	1,130	1,140	1,151	1,165	1,181	0,93	1,291	1,313	1,339	1,369	1,406	1,450	1,505
0,63	1,118	1,126	1,135	1,145	1,157	1,171	1,189	0,94	1,298	1,321	1,348	1,379	1,416	1,462	1,519
0,64	1,122	1,130	1,140	1,151	1,163	1,178	1,196	0,95	1,306	1,329	1,356	1,389	1,427	1,474	1,533
0,65	1,127	1,135	1,145	1,156	1,169	1,185	1,204	0,96	1,313	1,337	1,365	1,399	1,438	1,487	1,547
0,66	1,131	1,140	1,150	1,162	1,176	1,192	1,212	0,97	1,321	1,346	1,374	1,409	1,449	1,499	1,562
0,67	1,136	1,145	1,156	1,168	1,182	1,199	1,220	0,98	1,329	1,354	1,384	1,419	1,461	1,512	1,576
0,68	1,140	1,150	1,161	1,174	1,189	1,207	1,228	0,99	1,336	1,362	1,393	1,429	1,472	1,525	1,591
0,69	1,145	1,155	1,167	1,180	1,196	1,214	1,237	1	1,344	1,371	1,402	1,439	1,484	1,538	1,606
0,7	1,150	1,160	1,172	1,186	1,203	1,222	1,246	1,01	1,352	1,380	1,412	1,450	1,496	1,552	1,622

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.8 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 90$ MPa (Quadrática)

$F_{ck} = 90$ MPa (Quadrática)								$F_{ck} = 90$ MPa (Quadrática) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,047	1,050	1,054	1,057	1,062	1,067	1,073	0,71	1,157	1,168	1,181	1,195	1,212	1,233	1,258
0,41	1,049	1,052	1,056	1,060	1,064	1,069	1,076	0,72	1,162	1,174	1,187	1,202	1,220	1,241	1,267
0,42	1,052	1,055	1,058	1,062	1,067	1,072	1,079	0,73	1,168	1,179	1,193	1,209	1,227	1,250	1,277
0,43	1,054	1,057	1,061	1,065	1,070	1,075	1,082	0,74	1,173	1,185	1,199	1,216	1,235	1,258	1,287
0,44	1,056	1,059	1,063	1,068	1,073	1,078	1,085	0,75	1,178	1,191	1,206	1,223	1,243	1,267	1,297
0,45	1,058	1,062	1,066	1,071	1,076	1,082	1,089	0,76	1,184	1,197	1,212	1,230	1,251	1,276	1,307
0,46	1,061	1,065	1,069	1,074	1,079	1,085	1,093	0,77	1,190	1,203	1,219	1,237	1,259	1,285	1,317
0,47	1,064	1,068	1,072	1,077	1,083	1,089	1,097	0,78	1,195	1,210	1,226	1,245	1,267	1,294	1,328
0,48	1,066	1,070	1,075	1,080	1,086	1,093	1,101	0,79	1,201	1,216	1,233	1,252	1,276	1,304	1,339
0,49	1,069	1,073	1,078	1,084	1,090	1,097	1,106	0,8	1,207	1,222	1,240	1,260	1,284	1,314	1,350
0,5	1,072	1,077	1,082	1,087	1,094	1,102	1,111	0,81	1,213	1,229	1,247	1,268	1,293	1,323	1,361
0,51	1,075	1,080	1,085	1,091	1,098	1,106	1,115	0,82	1,220	1,236	1,254	1,276	1,302	1,333	1,372
0,52	1,078	1,083	1,089	1,095	1,102	1,111	1,121	0,83	1,226	1,243	1,262	1,284	1,311	1,344	1,384
0,53	1,081	1,087	1,092	1,099	1,107	1,115	1,126	0,84	1,232	1,249	1,269	1,293	1,320	1,354	1,396
0,54	1,085	1,090	1,096	1,103	1,111	1,121	1,132	0,85	1,239	1,257	1,277	1,301	1,330	1,365	1,408
0,55	1,088	1,094	1,100	1,107	1,116	1,126	1,137	0,86	1,245	1,264	1,285	1,310	1,339	1,375	1,420
0,56	1,092	1,098	1,104	1,112	1,121	1,131	1,143	0,87	1,252	1,271	1,293	1,318	1,349	1,386	1,432
0,57	1,095	1,102	1,109	1,116	1,126	1,137	1,149	0,88	1,259	1,278	1,301	1,327	1,359	1,397	1,445
0,58	1,099	1,106	1,113	1,121	1,131	1,142	1,156	0,89	1,266	1,286	1,309	1,336	1,369	1,409	1,458
0,59	1,103	1,110	1,117	1,126	1,136	1,148	1,163	0,9	1,273	1,293	1,317	1,345	1,379	1,420	1,471
0,6	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169	0,91	1,280	1,301	1,326	1,355	1,390	1,432	1,484
0,61	1,111	1,118	1,127	1,136	1,147	1,161	1,176	0,92	1,287	1,309	1,334	1,364	1,400	1,444	1,498
0,62	1,115	1,123	1,131	1,142	1,153	1,167	1,184	0,93	1,294	1,317	1,343	1,374	1,411	1,456	1,512
0,63	1,119	1,127	1,136	1,147	1,159	1,174	1,191	0,94	1,302	1,325	1,352	1,383	1,421	1,468	1,525
0,64	1,124	1,132	1,142	1,152	1,165	1,180	1,199	0,95	1,309	1,333	1,361	1,393	1,432	1,480	1,540
0,65	1,128	1,137	1,147	1,158	1,172	1,187	1,207	0,96	1,317	1,341	1,370	1,403	1,444	1,493	1,554

0,66	1,133	1,142	1,152	1,164	1,178	1,195	1,215	0,97	1,325	1,350	1,379	1,413	1,455	1,505	1,568
0,67	1,137	1,147	1,158	1,170	1,185	1,202	1,223	0,98	1,332	1,358	1,388	1,424	1,466	1,518	1,583
0,68	1,142	1,152	1,163	1,176	1,191	1,209	1,231	0,99	1,340	1,367	1,398	1,434	1,478	1,531	1,598
0,69	1,147	1,157	1,169	1,182	1,198	1,217	1,240	1	1,348	1,376	1,407	1,445	1,490	1,545	1,613
0,7	1,152	1,163	1,175	1,189	1,205	1,225	1,249	1,01	1,357	1,384	1,417	1,455	1,502	1,558	1,629

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

6.2. Tabelas para valores funções aproximadoras cúbicas

Tabela 6.9 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 55$ MPa (Cúbica)

$F_{ck} = 55$ MPa (Cúbica)								$F_{ck} = 55$ MPa (Cúbica) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,041	1,043	1,046	1,050	1,053	1,058	1,063	0,71	1,129	1,138	1,148	1,159	1,172	1,188	1,207
0,41	1,043	1,046	1,049	1,052	1,056	1,061	1,066	0,72	1,133	1,142	1,152	1,164	1,178	1,194	1,213
0,42	1,045	1,048	1,051	1,055	1,059	1,064	1,070	0,73	1,137	1,146	1,157	1,169	1,183	1,200	1,221
0,43	1,047	1,050	1,054	1,058	1,062	1,067	1,074	0,74	1,141	1,151	1,162	1,175	1,189	1,207	1,228
0,44	1,050	1,053	1,056	1,060	1,065	1,071	1,077	0,75	1,146	1,156	1,167	1,180	1,195	1,214	1,236
0,45	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,074	1,081	0,76	1,150	1,160	1,172	1,186	1,202	1,220	1,243
0,46	1,054	1,058	1,062	1,066	1,071	1,077	1,084	0,77	1,155	1,165	1,177	1,192	1,208	1,228	1,251
0,47	1,057	1,060	1,064	1,069	1,074	1,080	1,088	0,78	1,159	1,170	1,183	1,198	1,215	1,235	1,260
0,48	1,059	1,063	1,067	1,072	1,077	1,084	1,092	0,79	1,164	1,175	1,188	1,204	1,221	1,243	1,268
0,49	1,061	1,065	1,070	1,075	1,081	1,087	1,096	0,8	1,169	1,181	1,194	1,210	1,228	1,250	1,277
0,5	1,064	1,068	1,072	1,078	1,084	1,091	1,099	0,81	1,174	1,186	1,200	1,216	1,236	1,258	1,286
0,51	1,066	1,070	1,075	1,081	1,087	1,094	1,103	0,82	1,179	1,192	1,206	1,223	1,243	1,267	1,296
0,52	1,069	1,073	1,078	1,084	1,090	1,098	1,107	0,83	1,184	1,197	1,212	1,230	1,251	1,275	1,305
0,53	1,071	1,076	1,081	1,087	1,094	1,102	1,111	0,84	1,190	1,203	1,219	1,237	1,258	1,284	1,315
0,54	1,074	1,079	1,084	1,090	1,097	1,106	1,116	0,85	1,195	1,209	1,225	1,244	1,266	1,293	1,326
0,55	1,077	1,081	1,087	1,094	1,101	1,110	1,120	0,86	1,201	1,215	1,232	1,251	1,275	1,302	1,336
0,56	1,079	1,084	1,090	1,097	1,105	1,113	1,124	0,87	1,207	1,222	1,239	1,259	1,283	1,312	1,347
0,57	1,082	1,087	1,093	1,100	1,108	1,118	1,129	0,88	1,213	1,228	1,246	1,267	1,292	1,321	1,358
0,58	1,085	1,090	1,097	1,104	1,112	1,122	1,133	0,89	1,219	1,235	1,253	1,275	1,301	1,331	1,370
0,59	1,088	1,094	1,100	1,107	1,116	1,126	1,138	0,9	1,225	1,241	1,261	1,283	1,310	1,342	1,382
0,6	1,091	1,097	1,103	1,111	1,120	1,130	1,143	0,91	1,231	1,248	1,268	1,291	1,319	1,352	1,394
0,61	1,094	1,100	1,107	1,115	1,124	1,135	1,148	0,92	1,238	1,255	1,276	1,300	1,329	1,363	1,406
0,62	1,097	1,103	1,111	1,119	1,128	1,140	1,153	0,93	1,244	1,263	1,284	1,309	1,339	1,374	1,419
0,63	1,100	1,107	1,114	1,123	1,133	1,144	1,158	0,94	1,251	1,270	1,292	1,318	1,349	1,386	1,432
0,64	1,104	1,110	1,118	1,127	1,137	1,149	1,164	0,95	1,258	1,278	1,300	1,327	1,359	1,398	1,446
0,65	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169	0,96	1,265	1,285	1,309	1,337	1,370	1,410	1,460
0,66	1,110	1,118	1,126	1,136	1,147	1,159	1,175	0,97	1,273	1,293	1,318	1,346	1,381	1,422	1,474

0,67	1,114	1,121	1,130	1,140	1,151	1,165	1,181	0,98	1,280	1,302	1,327	1,356	1,392	1,435	1,489
0,68	1,118	1,125	1,134	1,145	1,156	1,170	1,187	0,99	1,288	1,310	1,336	1,367	1,403	1,448	1,504
0,69	1,121	1,129	1,139	1,149	1,161	1,176	1,193	1	1,296	1,319	1,345	1,377	1,415	1,461	1,520
0,7	1,125	1,133	1,143	1,154	1,167	1,182	1,200	1,01	1,304	1,327	1,355	1,388	1,427	1,475	1,536

Fonte: Adaptada de Maracajá (2020)

Tabela 6.10 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 60$ MPa (Cúbica)

$F_{ck} = 60$ MPa (Cúbica)								$F_{ck} = 60$ MPa (Cúbica) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,042	1,045	1,048	1,051	1,055	1,060	1,065	0,71	1,133	1,142	1,153	1,164	1,178	1,194	1,214
0,41	1,044	1,047	1,050	1,054	1,058	1,063	1,069	0,72	1,138	1,147	1,157	1,170	1,184	1,201	1,221
0,42	1,047	1,050	1,053	1,057	1,061	1,066	1,072	0,73	1,142	1,151	1,162	1,175	1,190	1,208	1,229
0,43	1,049	1,052	1,055	1,059	1,064	1,069	1,076	0,74	1,146	1,156	1,168	1,181	1,196	1,214	1,237
0,44	1,051	1,054	1,058	1,062	1,067	1,073	1,079	0,75	1,151	1,161	1,173	1,187	1,203	1,222	1,245
0,45	1,053	1,057	1,061	1,065	1,070	1,076	1,083	0,76	1,155	1,166	1,178	1,193	1,209	1,229	1,253
0,46	1,056	1,059	1,063	1,068	1,073	1,079	1,087	0,77	1,160	1,171	1,184	1,199	1,216	1,236	1,261
0,47	1,058	1,062	1,066	1,071	1,076	1,083	1,091	0,78	1,165	1,176	1,190	1,205	1,223	1,244	1,270
0,48	1,061	1,064	1,069	1,074	1,080	1,086	1,095	0,79	1,170	1,182	1,195	1,211	1,230	1,252	1,279
0,49	1,063	1,067	1,072	1,077	1,083	1,090	1,098	0,8	1,175	1,187	1,202	1,218	1,237	1,260	1,288
0,5	1,066	1,070	1,075	1,080	1,086	1,094	1,102	0,81	1,180	1,193	1,208	1,225	1,245	1,269	1,298
0,51	1,068	1,072	1,077	1,083	1,090	1,097	1,106	0,82	1,186	1,199	1,214	1,232	1,253	1,277	1,308
0,52	1,071	1,075	1,080	1,086	1,093	1,101	1,111	0,83	1,191	1,205	1,221	1,239	1,260	1,286	1,318
0,53	1,073	1,078	1,083	1,090	1,097	1,105	1,115	0,84	1,197	1,211	1,227	1,246	1,269	1,296	1,329
0,54	1,076	1,081	1,087	1,093	1,100	1,109	1,119	0,85	1,203	1,217	1,234	1,254	1,277	1,305	1,339
0,55	1,079	1,084	1,090	1,096	1,104	1,113	1,123	0,86	1,209	1,224	1,241	1,262	1,286	1,315	1,350
0,56	1,082	1,087	1,093	1,100	1,108	1,117	1,128	0,87	1,215	1,230	1,248	1,270	1,295	1,325	1,362
0,57	1,085	1,090	1,096	1,103	1,112	1,121	1,133	0,88	1,221	1,237	1,256	1,278	1,304	1,335	1,374
0,58	1,088	1,093	1,100	1,107	1,116	1,125	1,137	0,89	1,227	1,244	1,263	1,286	1,313	1,346	1,386
0,59	1,091	1,096	1,103	1,111	1,120	1,130	1,142	0,9	1,234	1,251	1,271	1,295	1,323	1,357	1,398
0,6	1,094	1,100	1,107	1,115	1,124	1,135	1,147	0,91	1,240	1,258	1,279	1,304	1,333	1,368	1,411
0,61	1,097	1,103	1,110	1,119	1,128	1,139	1,153	0,92	1,247	1,266	1,287	1,313	1,343	1,379	1,424
0,62	1,100	1,107	1,114	1,123	1,132	1,144	1,158	0,93	1,254	1,273	1,296	1,322	1,353	1,391	1,438
0,63	1,103	1,110	1,118	1,127	1,137	1,149	1,163	0,94	1,261	1,281	1,304	1,331	1,364	1,403	1,452
0,64	1,107	1,114	1,122	1,131	1,142	1,154	1,169	0,95	1,269	1,289	1,313	1,341	1,375	1,415	1,466
0,65	1,110	1,118	1,126	1,135	1,146	1,159	1,175	0,96	1,276	1,297	1,322	1,351	1,386	1,428	1,481
0,66	1,114	1,121	1,130	1,140	1,151	1,165	1,181	0,97	1,284	1,306	1,331	1,361	1,397	1,441	1,496
0,67	1,118	1,125	1,134	1,145	1,156	1,170	1,187	0,98	1,292	1,314	1,341	1,372	1,409	1,455	1,512
0,68	1,121	1,129	1,139	1,149	1,162	1,176	1,194	0,99	1,300	1,323	1,350	1,383	1,421	1,468	1,528
0,69	1,125	1,134	1,143	1,154	1,167	1,182	1,200	1	1,308	1,332	1,360	1,394	1,434	1,483	1,544
0,7	1,129	1,138	1,148	1,159	1,173	1,188	1,207	1,01	1,316	1,341	1,370	1,405	1,446	1,497	1,561

Fonte: Adaptada de Maracajá (2020)

Tabela 6.11 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 65$ MPa (Cúbica)

$F_{ck} = 65$ MPa (Cúbica)								$F_{ck} = 65$ MPa (Cúbica) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,044	1,046	1,049	1,053	1,057	1,062	1,067	0,71	1,138	1,147	1,158	1,170	1,184	1,201	1,221
0,41	1,046	1,049	1,052	1,056	1,060	1,065	1,071	0,72	1,142	1,152	1,163	1,175	1,190	1,208	1,229
0,42	1,048	1,051	1,054	1,058	1,063	1,068	1,074	0,73	1,147	1,156	1,168	1,181	1,197	1,215	1,237
0,43	1,050	1,053	1,057	1,061	1,066	1,071	1,078	0,74	1,151	1,161	1,173	1,187	1,203	1,222	1,245
0,44	1,053	1,056	1,060	1,064	1,069	1,075	1,082	0,75	1,156	1,166	1,179	1,193	1,210	1,230	1,253
0,45	1,055	1,058	1,062	1,067	1,072	1,078	1,085	0,76	1,161	1,172	1,184	1,199	1,217	1,237	1,262
0,46	1,057	1,061	1,065	1,070	1,075	1,082	1,089	0,77	1,166	1,177	1,190	1,206	1,224	1,245	1,271
0,47	1,060	1,064	1,068	1,073	1,079	1,085	1,093	0,78	1,171	1,183	1,196	1,212	1,231	1,253	1,280
0,48	1,062	1,066	1,071	1,076	1,082	1,089	1,097	0,79	1,176	1,188	1,202	1,219	1,238	1,262	1,290
0,49	1,065	1,069	1,074	1,079	1,085	1,092	1,101	0,8	1,181	1,194	1,209	1,226	1,246	1,270	1,299
0,5	1,067	1,072	1,077	1,082	1,089	1,096	1,105	0,81	1,187	1,200	1,215	1,233	1,254	1,279	1,310
0,51	1,070	1,074	1,079	1,085	1,092	1,100	1,109	0,82	1,192	1,206	1,222	1,240	1,262	1,288	1,320
0,52	1,073	1,077	1,083	1,089	1,096	1,104	1,114	0,83	1,198	1,212	1,229	1,248	1,270	1,297	1,331
0,53	1,075	1,080	1,086	1,092	1,099	1,108	1,118	0,84	1,204	1,219	1,236	1,255	1,279	1,307	1,342
0,54	1,078	1,083	1,089	1,095	1,103	1,112	1,122	0,85	1,210	1,225	1,243	1,263	1,288	1,317	1,353
0,55	1,081	1,086	1,092	1,099	1,107	1,116	1,127	0,86	1,216	1,232	1,250	1,272	1,297	1,327	1,365
0,56	1,084	1,089	1,095	1,103	1,111	1,120	1,132	0,87	1,223	1,239	1,258	1,280	1,306	1,338	1,377
0,57	1,087	1,093	1,099	1,106	1,115	1,125	1,136	0,88	1,229	1,246	1,265	1,288	1,316	1,349	1,389
0,58	1,090	1,096	1,102	1,110	1,119	1,129	1,141	0,89	1,236	1,253	1,273	1,297	1,326	1,360	1,402
0,59	1,093	1,099	1,106	1,114	1,123	1,134	1,146	0,9	1,243	1,261	1,282	1,306	1,336	1,371	1,415
0,6	1,096	1,103	1,110	1,118	1,127	1,139	1,152	0,91	1,250	1,268	1,290	1,316	1,346	1,383	1,429
0,61	1,100	1,106	1,114	1,122	1,132	1,143	1,157	0,92	1,257	1,276	1,298	1,325	1,357	1,395	1,443
0,62	1,103	1,110	1,117	1,126	1,136	1,148	1,163	0,93	1,264	1,284	1,307	1,335	1,368	1,407	1,457
0,63	1,107	1,114	1,121	1,131	1,141	1,154	1,168	0,94	1,272	1,292	1,316	1,345	1,379	1,420	1,472
0,64	1,110	1,117	1,126	1,135	1,146	1,159	1,174	0,95	1,279	1,301	1,325	1,355	1,390	1,433	1,487
0,65	1,114	1,121	1,130	1,140	1,151	1,164	1,180	0,96	1,287	1,309	1,335	1,365	1,402	1,447	1,502
0,66	1,118	1,125	1,134	1,144	1,156	1,170	1,187	0,97	1,295	1,318	1,345	1,376	1,414	1,460	1,518
0,67	1,121	1,129	1,138	1,149	1,161	1,176	1,193	0,98	1,303	1,327	1,354	1,387	1,426	1,474	1,535
0,68	1,125	1,134	1,143	1,154	1,167	1,182	1,200	0,99	1,312	1,336	1,365	1,398	1,439	1,489	1,551
0,69	1,129	1,138	1,148	1,159	1,172	1,188	1,207	1	1,321	1,346	1,375	1,410	1,452	1,504	1,569
0,7	1,133	1,142	1,153	1,164	1,178	1,195	1,214	1,01	1,329	1,355	1,386	1,422	1,465	1,519	1,586

Fonte: Adaptada de Maracajá (2020)

Tabela 6.12 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 70$ MPa (Cúbica)

$F_{ck} = 70$ MPa (Cúbica)								$F_{ck} = 70$ MPa (Cúbica) (CONTINUAÇÃO)							
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,045	1,048	1,051	1,054	1,058	1,063	1,069	0,71	1,142	1,152	1,162	1,175	1,190	1,208	1,229
0,41	1,047	1,050	1,053	1,057	1,062	1,067	1,073	0,72	1,146	1,156	1,168	1,181	1,196	1,215	1,237
0,42	1,049	1,052	1,056	1,060	1,065	1,070	1,076	0,73	1,151	1,161	1,173	1,187	1,203	1,222	1,245
0,43	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,073	1,080	0,74	1,156	1,167	1,179	1,193	1,210	1,230	1,254
0,44	1,054	1,057	1,061	1,066	1,071	1,077	1,084	0,75	1,161	1,172	1,185	1,199	1,217	1,237	1,262
0,45	1,056	1,060	1,064	1,069	1,074	1,080	1,088	0,76	1,166	1,177	1,190	1,206	1,224	1,245	1,271
0,46	1,059	1,063	1,067	1,072	1,077	1,084	1,092	0,77	1,171	1,183	1,197	1,213	1,231	1,254	1,281
0,47	1,061	1,065	1,070	1,075	1,081	1,087	1,096	0,78	1,176	1,189	1,203	1,219	1,239	1,262	1,290
0,48	1,064	1,068	1,073	1,078	1,084	1,091	1,100	0,79	1,182	1,195	1,209	1,226	1,247	1,271	1,300
0,49	1,066	1,071	1,075	1,081	1,087	1,095	1,104	0,8	1,187	1,201	1,216	1,234	1,255	1,280	1,311
0,5	1,069	1,074	1,078	1,084	1,091	1,099	1,108	0,81	1,193	1,207	1,223	1,241	1,263	1,289	1,321
0,51	1,072	1,076	1,082	1,088	1,094	1,103	1,112	0,82	1,199	1,213	1,229	1,249	1,271	1,299	1,332
0,52	1,075	1,079	1,085	1,091	1,098	1,107	1,117	0,83	1,205	1,220	1,237	1,257	1,280	1,309	1,343
0,53	1,077	1,082	1,088	1,094	1,102	1,111	1,121	0,84	1,211	1,226	1,244	1,265	1,289	1,319	1,355
0,54	1,080	1,085	1,091	1,098	1,106	1,115	1,126	0,85	1,217	1,233	1,251	1,273	1,298	1,329	1,367
0,55	1,083	1,089	1,095	1,102	1,110	1,119	1,130	0,86	1,224	1,240	1,259	1,281	1,308	1,340	1,379
0,56	1,086	1,092	1,098	1,105	1,114	1,124	1,135	0,87	1,230	1,247	1,267	1,290	1,318	1,351	1,392
0,57	1,089	1,095	1,102	1,109	1,118	1,128	1,140	0,88	1,237	1,255	1,275	1,299	1,328	1,362	1,405
0,58	1,092	1,099	1,105	1,113	1,122	1,133	1,145	0,89	1,244	1,262	1,283	1,308	1,338	1,374	1,418
0,59	1,096	1,102	1,109	1,117	1,127	1,138	1,151	0,9	1,251	1,270	1,292	1,318	1,349	1,386	1,432
0,6	1,099	1,106	1,113	1,121	1,131	1,143	1,156	0,91	1,259	1,278	1,301	1,328	1,359	1,398	1,446
0,61	1,102	1,109	1,117	1,126	1,136	1,148	1,162	0,92	1,266	1,286	1,310	1,337	1,371	1,411	1,461
0,62	1,106	1,113	1,121	1,130	1,140	1,153	1,167	0,93	1,274	1,295	1,319	1,348	1,382	1,424	1,476
0,63	1,110	1,117	1,125	1,134	1,145	1,158	1,173	0,94	1,282	1,303	1,328	1,358	1,394	1,437	1,491
0,64	1,113	1,121	1,129	1,139	1,150	1,164	1,180	0,95	1,290	1,312	1,338	1,369	1,406	1,451	1,507
0,65	1,117	1,125	1,134	1,144	1,156	1,169	1,186	0,96	1,298	1,321	1,348	1,380	1,418	1,465	1,523
0,66	1,121	1,129	1,138	1,149	1,161	1,175	1,193	0,97	1,306	1,330	1,358	1,391	1,431	1,479	1,540
0,67	1,125	1,133	1,143	1,154	1,166	1,181	1,199	0,98	1,315	1,340	1,368	1,403	1,444	1,494	1,557
0,68	1,129	1,138	1,147	1,159	1,172	1,188	1,206	0,99	1,324	1,349	1,379	1,414	1,457	1,509	1,575
0,69	1,133	1,142	1,152	1,164	1,178	1,194	1,214	1	1,333	1,359	1,390	1,426	1,471	1,525	1,593
0,7	1,137	1,147	1,157	1,170	1,184	1,201	1,221	1,01	1,342	1,369	1,401	1,439	1,484	1,541	1,612

Fonte: Adaptada de Maracajá (2020)

Tabela 6.13 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 75$ MPa (Cúbica)

$F_{ck} = 75$ MPa (Cúbica)								$F_{ck} = 75$ MPa (Cúbica) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,046	1,049	1,052	1,056	1,060	1,065	1,071	0,71	1,146	1,156	1,167	1,181	1,196	1,214	1,236
0,41	1,048	1,051	1,055	1,059	1,063	1,068	1,075	0,72	1,151	1,161	1,173	1,187	1,203	1,222	1,245

0,42	1,051	1,054	1,057	1,061	1,066	1,072	1,078	0,73	1,156	1,166	1,179	1,193	1,209	1,229	1,253
0,43	1,053	1,056	1,060	1,064	1,069	1,075	1,082	0,74	1,161	1,172	1,184	1,199	1,216	1,237	1,262
0,44	1,055	1,059	1,063	1,067	1,073	1,079	1,086	0,75	1,166	1,177	1,190	1,206	1,224	1,245	1,271
0,45	1,058	1,061	1,066	1,070	1,076	1,082	1,090	0,76	1,171	1,183	1,197	1,212	1,231	1,254	1,281
0,46	1,060	1,064	1,068	1,073	1,079	1,086	1,094	0,77	1,176	1,189	1,203	1,219	1,239	1,262	1,291
0,47	1,063	1,067	1,071	1,077	1,083	1,090	1,098	0,78	1,182	1,195	1,209	1,227	1,247	1,271	1,301
0,48	1,065	1,070	1,074	1,080	1,086	1,093	1,102	0,79	1,187	1,201	1,216	1,234	1,255	1,280	1,311
0,49	1,068	1,072	1,077	1,083	1,090	1,097	1,106	0,8	1,193	1,207	1,223	1,241	1,263	1,290	1,322
0,5	1,071	1,075	1,080	1,086	1,093	1,101	1,111	0,81	1,199	1,214	1,230	1,249	1,272	1,299	1,333
0,51	1,074	1,078	1,084	1,090	1,097	1,105	1,115	0,82	1,205	1,220	1,237	1,257	1,281	1,309	1,344
0,52	1,076	1,081	1,087	1,093	1,101	1,109	1,119	0,83	1,212	1,227	1,245	1,265	1,290	1,320	1,356
0,53	1,079	1,084	1,090	1,097	1,104	1,113	1,124	0,84	1,218	1,234	1,252	1,274	1,299	1,330	1,368
0,54	1,082	1,088	1,094	1,100	1,108	1,118	1,129	0,85	1,225	1,241	1,260	1,282	1,309	1,341	1,381
0,55	1,085	1,091	1,097	1,104	1,112	1,122	1,134	0,86	1,231	1,248	1,268	1,291	1,319	1,352	1,394
0,56	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139	0,87	1,238	1,256	1,276	1,300	1,329	1,364	1,407
0,57	1,092	1,098	1,104	1,112	1,121	1,131	1,144	0,88	1,245	1,264	1,285	1,310	1,340	1,376	1,420
0,58	1,095	1,101	1,108	1,116	1,125	1,136	1,149	0,89	1,253	1,272	1,293	1,319	1,350	1,388	1,434
0,59	1,098	1,105	1,112	1,120	1,130	1,141	1,155	0,9	1,260	1,280	1,302	1,329	1,361	1,400	1,449
0,6	1,102	1,108	1,116	1,124	1,135	1,146	1,160	0,91	1,268	1,288	1,312	1,339	1,373	1,413	1,464
0,61	1,105	1,112	1,120	1,129	1,139	1,152	1,166	0,92	1,275	1,296	1,321	1,350	1,384	1,427	1,479
0,62	1,109	1,116	1,124	1,133	1,144	1,157	1,172	0,93	1,283	1,305	1,330	1,360	1,396	1,440	1,495
0,63	1,113	1,120	1,128	1,138	1,149	1,163	1,179	0,94	1,292	1,314	1,340	1,371	1,408	1,454	1,511
0,64	1,116	1,124	1,133	1,143	1,155	1,168	1,185	0,95	1,300	1,323	1,350	1,383	1,421	1,468	1,527
0,65	1,120	1,128	1,137	1,148	1,160	1,174	1,192	0,96	1,309	1,333	1,361	1,394	1,434	1,483	1,544
0,66	1,124	1,133	1,142	1,153	1,166	1,181	1,198	0,97	1,317	1,342	1,371	1,406	1,447	1,498	1,562
0,67	1,128	1,137	1,147	1,158	1,171	1,187	1,206	0,98	1,326	1,352	1,382	1,418	1,461	1,514	1,580
0,68	1,133	1,142	1,152	1,163	1,177	1,193	1,213	0,99	1,335	1,362	1,393	1,430	1,475	1,529	1,598
0,69	1,137	1,146	1,157	1,169	1,183	1,200	1,220	1	1,345	1,372	1,404	1,443	1,489	1,546	1,617
0,7	1,141	1,151	1,162	1,175	1,190	1,207	1,228	1,01	1,354	1,383	1,416	1,456	1,503	1,562	1,637

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.14 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 80$ MPa (Cúbica)

$F_{ck} = 80$ MPa (Cúbica)								$F_{ck} = 80$ MPa (Cúbica) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,047	1,050	1,053	1,057	1,062	1,067	1,073	0,71	1,150	1,161	1,172	1,186	1,202	1,221	1,244
0,41	1,049	1,052	1,056	1,060	1,065	1,070	1,077	0,72	1,155	1,166	1,178	1,192	1,209	1,229	1,252
0,42	1,052	1,055	1,059	1,063	1,068	1,074	1,080	0,73	1,160	1,171	1,184	1,199	1,216	1,236	1,261
0,43	1,054	1,058	1,061	1,066	1,071	1,077	1,084	0,74	1,165	1,177	1,190	1,205	1,223	1,245	1,271
0,44	1,057	1,060	1,064	1,069	1,074	1,081	1,088	0,75	1,171	1,183	1,196	1,212	1,231	1,253	1,280
0,45	1,059	1,063	1,067	1,072	1,078	1,084	1,092	0,76	1,176	1,188	1,203	1,219	1,239	1,262	1,290

0,46	1,062	1,066	1,070	1,075	1,081	1,088	1,096	0,77	1,182	1,194	1,209	1,226	1,247	1,271	1,300
0,47	1,064	1,068	1,073	1,078	1,085	1,092	1,100	0,78	1,187	1,201	1,216	1,234	1,255	1,280	1,311
0,48	1,067	1,071	1,076	1,082	1,088	1,096	1,105	0,79	1,193	1,207	1,223	1,242	1,263	1,290	1,322
0,49	1,070	1,074	1,079	1,085	1,092	1,099	1,109	0,8	1,199	1,214	1,230	1,249	1,272	1,299	1,333
0,5	1,073	1,077	1,082	1,088	1,095	1,104	1,113	0,81	1,205	1,220	1,237	1,257	1,281	1,310	1,345
0,51	1,075	1,080	1,086	1,092	1,099	1,108	1,118	0,82	1,212	1,227	1,245	1,266	1,290	1,320	1,357
0,52	1,078	1,083	1,089	1,096	1,103	1,112	1,122	0,83	1,218	1,234	1,253	1,274	1,300	1,331	1,369
0,53	1,081	1,086	1,092	1,099	1,107	1,116	1,127	0,84	1,225	1,241	1,261	1,283	1,310	1,342	1,381
0,54	1,084	1,090	1,096	1,103	1,111	1,121	1,132	0,85	1,232	1,249	1,269	1,292	1,320	1,353	1,395
0,55	1,087	1,093	1,099	1,107	1,115	1,125	1,137	0,86	1,239	1,257	1,277	1,301	1,330	1,365	1,408
0,56	1,091	1,097	1,103	1,111	1,120	1,130	1,142	0,87	1,246	1,264	1,286	1,311	1,341	1,377	1,422
0,57	1,094	1,100	1,107	1,115	1,124	1,135	1,148	0,88	1,253	1,272	1,295	1,321	1,352	1,389	1,436
0,58	1,097	1,104	1,111	1,119	1,129	1,140	1,153	0,89	1,261	1,281	1,304	1,331	1,363	1,402	1,451
0,59	1,101	1,107	1,115	1,123	1,133	1,145	1,159	0,9	1,269	1,289	1,313	1,341	1,374	1,415	1,466
0,6	1,104	1,111	1,119	1,128	1,138	1,150	1,165	0,91	1,277	1,298	1,322	1,351	1,386	1,428	1,481
0,61	1,108	1,115	1,123	1,132	1,143	1,156	1,171	0,92	1,285	1,307	1,332	1,362	1,398	1,442	1,497
0,62	1,112	1,119	1,127	1,137	1,148	1,161	1,177	0,93	1,293	1,316	1,342	1,373	1,411	1,456	1,514
0,63	1,116	1,123	1,132	1,142	1,153	1,167	1,184	0,94	1,302	1,325	1,352	1,385	1,423	1,471	1,531
0,64	1,119	1,127	1,136	1,147	1,159	1,173	1,190	0,95	1,310	1,335	1,363	1,396	1,437	1,486	1,548
0,65	1,124	1,132	1,141	1,152	1,165	1,179	1,197	0,96	1,319	1,344	1,374	1,408	1,450	1,501	1,566
0,66	1,128	1,136	1,146	1,157	1,170	1,186	1,204	0,97	1,328	1,354	1,385	1,421	1,464	1,517	1,584
0,67	1,132	1,141	1,151	1,163	1,176	1,192	1,212	0,98	1,338	1,364	1,396	1,433	1,478	1,533	1,603
0,68	1,136	1,146	1,156	1,168	1,182	1,199	1,219	0,99	1,347	1,375	1,407	1,446	1,492	1,550	1,622
0,69	1,141	1,150	1,161	1,174	1,189	1,206	1,227	1	1,357	1,386	1,419	1,459	1,507	1,567	1,642
0,7	1,146	1,155	1,167	1,180	1,195	1,213	1,235	1,01	1,367	1,397	1,431	1,473	1,522	1,584	1,662

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.15 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 85\text{MPa}$ (Cúbica)

$F_{ck} = 85\text{ MPa}$ (Cúbica)								$F_{ck} = 85\text{ MPa}$ (Cúbica) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,048	1,051	1,054	1,058	1,062	1,067	1,074	0,71	1,152	1,163	1,175	1,188	1,205	1,224	1,247
0,41	1,050	1,053	1,057	1,061	1,065	1,071	1,077	0,72	1,157	1,168	1,180	1,195	1,212	1,232	1,256
0,42	1,052	1,056	1,059	1,064	1,069	1,074	1,081	0,73	1,162	1,174	1,186	1,201	1,219	1,240	1,265
0,43	1,055	1,058	1,062	1,067	1,072	1,078	1,085	0,74	1,168	1,179	1,193	1,208	1,226	1,248	1,275
0,44	1,057	1,061	1,065	1,070	1,075	1,082	1,089	0,75	1,173	1,185	1,199	1,215	1,234	1,257	1,285
0,45	1,060	1,064	1,068	1,073	1,079	1,085	1,093	0,76	1,178	1,191	1,205	1,222	1,242	1,266	1,295
0,46	1,062	1,066	1,071	1,076	1,082	1,089	1,097	0,77	1,184	1,197	1,212	1,230	1,250	1,275	1,305
0,47	1,065	1,069	1,074	1,079	1,085	1,093	1,101	0,78	1,190	1,204	1,219	1,237	1,259	1,284	1,316
0,48	1,068	1,072	1,077	1,082	1,089	1,097	1,106	0,79	1,196	1,210	1,226	1,245	1,267	1,294	1,327
0,49	1,070	1,075	1,080	1,086	1,093	1,101	1,110	0,8	1,202	1,217	1,233	1,253	1,276	1,304	1,338
0,5	1,073	1,078	1,083	1,089	1,096	1,105	1,114	0,81	1,208	1,224	1,241	1,261	1,285	1,314	1,350

0,51	1,076	1,081	1,087	1,093	1,100	1,109	1,119	0,82	1,215	1,231	1,249	1,270	1,295	1,325	1,362
0,52	1,079	1,084	1,090	1,096	1,104	1,113	1,124	0,83	1,221	1,238	1,256	1,278	1,305	1,336	1,375
0,53	1,082	1,087	1,093	1,100	1,108	1,117	1,129	0,84	1,228	1,245	1,265	1,287	1,315	1,347	1,388
0,54	1,085	1,091	1,097	1,104	1,112	1,122	1,134	0,85	1,235	1,253	1,273	1,297	1,325	1,359	1,401
0,55	1,088	1,094	1,101	1,108	1,117	1,127	1,139	0,86	1,242	1,261	1,281	1,306	1,335	1,371	1,415
0,56	1,092	1,098	1,104	1,112	1,121	1,131	1,144	0,87	1,250	1,268	1,290	1,316	1,346	1,383	1,429
0,57	1,095	1,101	1,108	1,116	1,125	1,136	1,149	0,88	1,257	1,277	1,299	1,326	1,357	1,396	1,443
0,58	1,098	1,105	1,112	1,120	1,130	1,141	1,155	0,89	1,265	1,285	1,308	1,336	1,369	1,409	1,458
0,59	1,102	1,109	1,116	1,125	1,135	1,147	1,161	0,9	1,273	1,294	1,318	1,346	1,380	1,422	1,474
0,6	1,105	1,112	1,120	1,129	1,140	1,152	1,167	0,91	1,281	1,302	1,327	1,357	1,393	1,436	1,490
0,61	1,109	1,116	1,124	1,134	1,145	1,158	1,173	0,92	1,289	1,312	1,337	1,368	1,405	1,450	1,506
0,62	1,113	1,120	1,129	1,139	1,150	1,163	1,179	0,93	1,298	1,321	1,348	1,379	1,418	1,464	1,523
0,63	1,117	1,125	1,133	1,144	1,155	1,169	1,186	0,94	1,306	1,330	1,358	1,391	1,431	1,479	1,540
0,64	1,121	1,129	1,138	1,149	1,161	1,175	1,193	0,95	1,315	1,340	1,369	1,403	1,444	1,494	1,558
0,65	1,125	1,133	1,143	1,154	1,167	1,182	1,200	0,96	1,324	1,350	1,380	1,415	1,458	1,510	1,576
0,66	1,129	1,138	1,148	1,159	1,173	1,188	1,207	0,97	1,334	1,360	1,391	1,428	1,472	1,526	1,594
0,67	1,134	1,143	1,153	1,165	1,179	1,195	1,215	0,98	1,343	1,370	1,402	1,440	1,486	1,542	1,613
0,68	1,138	1,147	1,158	1,170	1,185	1,202	1,222	0,99	1,353	1,381	1,414	1,453	1,501	1,559	1,633
0,69	1,143	1,152	1,163	1,176	1,191	1,209	1,230	1	1,363	1,392	1,426	1,467	1,516	1,577	1,653
0,7	1,147	1,157	1,169	1,182	1,198	1,216	1,239	1,01	1,373	1,403	1,438	1,481	1,531	1,594	1,674

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

Tabela 6.16 - Valores do γ_z em função do α e do F_{Req} para $F_{ck} = 90$ MPa (Cúbica)

$F_{ck} = 90$ MPa (Cúbica)								$F_{ck} = 90$ MPa (Cúbica) (CONTINUAÇÃO)							
α	F_{Req}							α	F_{Req}						
	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,4	1,048	1,051	1,054	1,058	1,063	1,068	1,074	0,71	1,154	1,165	1,177	1,191	1,207	1,227	1,251
0,41	1,050	1,054	1,057	1,061	1,066	1,072	1,078	0,72	1,159	1,170	1,183	1,197	1,215	1,235	1,260
0,42	1,053	1,056	1,060	1,064	1,069	1,075	1,082	0,73	1,164	1,176	1,189	1,204	1,222	1,243	1,269
0,43	1,055	1,059	1,063	1,067	1,073	1,079	1,086	0,74	1,170	1,182	1,195	1,211	1,230	1,252	1,279
0,44	1,058	1,062	1,066	1,070	1,076	1,082	1,090	0,75	1,175	1,188	1,202	1,218	1,237	1,261	1,289
0,45	1,060	1,064	1,069	1,074	1,079	1,086	1,094	0,76	1,181	1,194	1,208	1,225	1,246	1,270	1,299
0,46	1,063	1,067	1,072	1,077	1,083	1,090	1,098	0,77	1,187	1,200	1,215	1,233	1,254	1,279	1,310
0,47	1,066	1,070	1,075	1,080	1,086	1,094	1,102	0,78	1,193	1,206	1,222	1,241	1,262	1,289	1,321
0,48	1,068	1,073	1,078	1,083	1,090	1,098	1,107	0,79	1,199	1,213	1,229	1,248	1,271	1,298	1,332
0,49	1,071	1,076	1,081	1,087	1,094	1,102	1,111	0,8	1,205	1,220	1,237	1,257	1,280	1,309	1,344
0,5	1,074	1,079	1,084	1,090	1,097	1,106	1,116	0,81	1,211	1,227	1,244	1,265	1,290	1,319	1,356
0,51	1,077	1,082	1,087	1,094	1,101	1,110	1,120	0,82	1,218	1,234	1,252	1,274	1,299	1,330	1,368
0,52	1,080	1,085	1,091	1,098	1,105	1,114	1,125	0,83	1,225	1,241	1,260	1,283	1,309	1,341	1,381
0,53	1,083	1,088	1,094	1,101	1,109	1,119	1,130	0,84	1,232	1,249	1,268	1,292	1,319	1,353	1,394
0,54	1,086	1,092	1,098	1,105	1,114	1,123	1,135	0,85	1,239	1,256	1,277	1,301	1,330	1,364	1,408

0,55	1,089	1,095	1,102	1,109	1,118	1,128	1,140	0,86	1,246	1,264	1,286	1,311	1,341	1,377	1,421
0,56	1,093	1,099	1,105	1,113	1,122	1,133	1,146	0,87	1,253	1,272	1,294	1,320	1,352	1,389	1,436
0,57	1,096	1,102	1,109	1,117	1,127	1,138	1,151	0,88	1,261	1,281	1,304	1,331	1,363	1,402	1,451
0,58	1,100	1,106	1,113	1,122	1,132	1,143	1,157	0,89	1,269	1,289	1,313	1,341	1,375	1,415	1,466
0,59	1,103	1,110	1,117	1,126	1,136	1,148	1,163	0,9	1,277	1,298	1,323	1,352	1,386	1,429	1,482
0,6	1,107	1,114	1,122	1,131	1,141	1,154	1,169	0,91	1,285	1,307	1,332	1,363	1,399	1,443	1,498
0,61	1,110	1,118	1,126	1,135	1,147	1,159	1,175	0,92	1,294	1,316	1,343	1,374	1,411	1,457	1,514
0,62	1,114	1,122	1,130	1,140	1,152	1,165	1,182	0,93	1,302	1,326	1,353	1,385	1,424	1,472	1,531
0,63	1,118	1,126	1,135	1,145	1,157	1,171	1,188	0,94	1,311	1,335	1,364	1,397	1,438	1,487	1,549
0,64	1,122	1,130	1,140	1,150	1,163	1,178	1,195	0,95	1,320	1,345	1,374	1,409	1,451	1,502	1,567
0,65	1,127	1,135	1,145	1,156	1,169	1,184	1,202	0,96	1,329	1,355	1,386	1,422	1,465	1,518	1,585
0,66	1,131	1,140	1,150	1,161	1,175	1,191	1,210	0,97	1,339	1,366	1,397	1,434	1,479	1,535	1,604
0,67	1,135	1,144	1,155	1,167	1,181	1,197	1,217	0,98	1,348	1,376	1,409	1,447	1,494	1,551	1,624
0,68	1,140	1,149	1,160	1,173	1,187	1,204	1,225	0,99	1,358	1,387	1,421	1,461	1,509	1,568	1,644
0,69	1,144	1,154	1,165	1,178	1,194	1,212	1,234	1	1,369	1,398	1,433	1,474	1,525	1,586	1,664
0,7	1,149	1,159	1,171	1,185	1,201	1,219	1,242	1,01	1,379	1,409	1,445	1,488	1,540	1,604	1,685

Fonte: Adaptada de Paiva (2020)

7. CONCLUSÃO

Com as tabelas prontas observou-se em cada uma delas (isto é, para cada valor do F_{ck}) a compatibilidade entre todos os valores do Alfa considerado e valores do Gama-Z esperados. Posto que, conceitualmente sabe-se que o valor deste aumenta à medida na qual o valor daquele aumenta. No trabalho de (Paiva 2020), onde foi empregado concreto com F_{ck} de classe I, observou-se algumas incompatibilidades, havendo limitação na aplicabilidade de cada uma das correlações.

Assim, é que, em cada tabela (da Tabela 6.1 até a Tabela 6.16), alguns valores estão realçados com a cor vermelha, os quais representam os valores de Gama-Z maiores que 1,30. Das outras duas cores utilizadas nas tabelas, a verde destaca os valores do Gama-Z menores ou iguais ao limite 1,10, valores estes que estão associados a valores do Alfa menores ou iguais a aproximadamente 0,6 (no caso geral, pois de acordo com a ABNT NBR 6118:2014, podem ser considerados os valores 0,5, 0,6 ou 0,7 conforme a composição do SEC). Por último, a amarela chama a atenção do leitor para o fato de que os valores do Gama-Z se encontrarem no intervalo $1,10 < \gamma_z \leq 1,30$, que representam as estruturas de nós móveis.

Nestas tabelas, observa-se, também, que os valores do γ_z mais se aproximam do valor 1,10 para os valores do $\alpha = 0,6$ quanto maior for o valor de F_{Req}

No cálculo do parâmetro α , este fato está relacionado com o fator de redução igual à 0,7 da rigidez flexional para a consideração da NLF, aplicado na formulação através da qual se obtém o valor 0,6 tomado como limite máximo para a aplicação da formulação linear na análise da estrutura da edificação em estudo.

Outra observação possível da análise dos resultados é quanto ao aumento do valor do γ_z com a diminuição do valor do F_{Req} . Isto é facilmente explicado lembrando que quanto menor o valor do F_{Req} maior é a redução da rigidez flexional equivalente do Sistema Estrutural de Contraventamento, quase sempre composto por pórticos planos ou igual ao pórtico espacial que inclui todos os pilares e vigas da estrutura da edificação. A redução equivalente da rigidez flexional da estrutura (que leva em conta a NLF) é diferente em cada caso, embora, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014 o fator de redução no caso dos pilares seja $F_R = 0,80$ e para as vigas com armadura de tração diferente da de compressão, seja $F_R = 0,40$.

Em conformidade com as observações e conclusões extraídas do estudo do Coeficiente Gama-Z realizado neste trabalho, sugere-se algumas recomendações e conclusões como: A determinação dos efeitos de segunda ordem no cálculo das estruturas de concreto armado considerando NLFG poderão e deverão ser obtidas para quaisquer valores de γ_z , mesmo quando esse for menor que 1,10. Essa recomendação é feita pois esse parâmetro apresenta facilidade para seu cálculo e segurança na sua aplicação. Relativamente a esta questão lembra-se o ACI 318S (2005), que classifica as estruturas como de nós fixos aquelas nas quais os momentos de segunda ordem não excedam em 5% os de primeira ordem. Como citado por Oliveira (2007; p.35).

Em relação à verificação da indeslocabilidade da estrutura em análise, esta poderá ser realizada praticamente, apenas com a utilização do Parâmetro Alfa e do Fator de redução equivalente à redução de 20 e 60 por cento (de acordo com a NBR 6118:2014).

Tendo em vista a variabilidade do valor do Gama-Z ao longo da altura da edificação, seu cálculo poderá ser feito inicialmente para cada pavimento para, em seguida, serem considerados valores médios para cada uma das três (ou mais) faixas em que a altura total da estrutura seja dividida. Vê-se em (Oliveira (2007; p. 55 e 194), Leal (2016; p.79) e Oliveira et al. (2013; p.76)) que o cálculo do γ_z para cada pavimento pode ser feito utilizando o coeficiente B2. Quando o cálculo for realizado com auxílio de computadores, a rigidez a flexão $(EI)_{sec}$ poderia ser calculada a cada nível de solicitação.

8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estrutura de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 6118: Projeto de Estrutura de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 6118: Projeto de Estrutura de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6118: Projeto de Estrutura de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

CARINI, Matheus Roman. **CURSO DE CÁLCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO**. Bento Gonçalves: Udey, 2018. Disponível em < <https://www.udemy.com/course/curso-de-calculo-estrutural-em-concreto-armado/> > acesso em 12 de maio de 2021.

CARMO, RMS, **EFEITOS DE SEGUNDA ORDEM EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO**. Dissertação Mestrado. EESC, USP, 1995, 112p.

Comitê Euro-Internacional du Béton. **Code Modele CEB-FIP** pour les structures em betón. CEB Bulletin d'Information nº 124/125. Paris, 1978;

CHINEM R. M. **AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFÍCIOS**. Monografia Graduação Universidade Federal de Goiás. 2010 96p;

CRUZ, JMF; Ferreira, E.T; LUCENA, C.A.T. **Estruturas: a estabilidade global dos edifícios altos**. João Pessoa: Leia Livros, 2019. Livro digital, 261p.

FREITAS, F. C.; LUCHI, L. A. R.; FERREIRA, W. G. **ANÁLISE DE ESTABILIDADE GLOBAL DAS ESTRUTURAS E AÇÕES DE CONTROLE DOS SEUS EFEITOS**. REVISTA IBRACON, Estrut. Mater. Vol. 9. No. 2 São Paulo Mar./Apr. 2016; p. 192 – 213;

JÚNIOR, A. da S. S. et al; Artigo **O PARAMETRO DE INSTABILIDADE GLOBAL α : ORIGEM, EVOLUÇÃO E TENDENCIAS**. Revista, INTERSCIENTIA, Vol.4, número 1º, ano 2016;

LEAL, M. A. S. **VERIFICAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO COEFICIENTE B2 PARA A AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA NÃO LINEARIDADE GEOMETRICA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, UFBA, 2016. 132 f.

OLIVEIRA, D. M. et al.; **CONSIDERATIONS ABOUT THE DETERMINATION OF γ_z COEFFICIENT**; IBRACON Structures and Materials Journal • 2013 • vol. 6 • nº 1 (February 2013) p. 75-100 • ISSN 1983-4195;

OLIVEIRA, D. M. de; **ESTUDO DOS PROCESSOS APROXIMADOS UTILIZADOS PARA A CONSIDERAÇÃO DAS NÃO-LINEARIDADES FÍSICA E GEOMÉTRICA NA ANÁLISE GLOBAL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**. Tese Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2007, 297p;

PINTO, R. S.; **NÃO LINEARIDADE FISICA E GEOMETRICA NO PROJETO DE EDIFÍCIOS USUAIS DE CONCRETO ARMADO** Dissertação (Mestrado). EESC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997. 189p.

BUENO, MÔNICA. **ESTUDO DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES COM LAJES LISAS**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 88p, 2009.

KIMURA, Alio. **INFORMÁTICA APLICADA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: CÁLCULOS DE EDIFÍCIOS COM USO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS**. Editora PINI, 632 p. São Paulo, 2007.

MONCAYO, W. J.; **ANÁLISE DE SEGUNDA ORDEM GLOBAL EM EDIFÍCIOS COM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**; Dissertação de Mestrado; EESC; USP; 2011. 219p.

PINTO, R.; RAMALHO, M. **NÃO-LINEARIDADE FÍSICA E GEOMÉTRICA NO PROJETO DE EDIFÍCIOS USUAIS DE CONCRETO ARMADO**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, n. 19, 36p. 2002.

MARACAJÁ, A L C.; **SOBRE OS PARÂMETROS DE INSTABILIDADE GLOBAL E AS RELAÇÕES ENTRE O ALFA E O GAMA-Z**. 78 pág. TCC Engenharia Civil – UFPB, João Pessoa. 2020.

PAIVA, Welliton da Silva de. **TABELAS PARA O CÁLCULO DO COEFICIENTE γ_z A PARTIR DO f_{ck} , DO f_{req} . E DO PARÂMETRO α** . 2020, 90 pág. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2020.

SILVA, Arley Filgueiras. **ÁBACOS PARA O CÁLCULO DO COEFICIENTE γ_z A PARTIR DO f_{ck} , DO F_{Req} . E DO PARÂMETRO α** . 2020, 60 pág. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2020.