

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ AIRTON CARDOSO ARAUJO JUNIOR
LUCAS DE OLIVEIRA NUNES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – STRUCTURE ACTIONS
FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DE COMBINAÇÕES DE
AÇÕES EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

PROF.º ME. JORGE ALBERTO CECIN

São Paulo
2020

JOSÉ AIRTON CARDOSO ARAUJO JUNIOR
LUCAS DE OLIVEIRA NUNES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – STRUCTURE ACTIONS
FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DE COMBINAÇÕES DE
AÇÕES EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
à Universidade Nove de Julho - UNINOVE, como parte
das exigências para a obtenção do título de bacharel em
engenharia civil.

Orientadores: Prof.º Me. Jorge Alberto Cecin

São Paulo
2020

AGRADECIMENTOS

???

RESUMO

Com estudo de todas as possíveis ações e as combinações que podem ser feitas a partir de cada uma delas, além de uma boa análise da norma NBR6118, chega-se ao conhecimento de todas as ações que podem de alguma forma apresentar uma situação desfavorável para uma estrutura, seja no estado limite ultimo ou no estado limite de serviço.

Com isso foi desenvolvido uma ferramenta computacional que automatiza todas essas combinações tornando possível cálculos precisos em pouco tempo, além de minimizar as chances de erros na hora de desenvolvê-los.

Com essa ferramenta a construção civil ganha um grande aliado na hora de projetar, auxiliando e resolvendo problemas que antes era necessário tempo e muita atenção para realizar tornando possível e viável projetos que antes demandavam muito trabalho.

ABSTRACT

???

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – VERIFICAÇÕES PARA O ESTADO LIMITE ÚLTIMOS	10
FIGURA 2 – COEFICIENTE DE COMBINAÇÃO (ψ_0) E REDUÇÃO (ψ_1 E ψ_2).....	14
FIGURA 3 – COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO	15
FIGURA 4 – COMBINAÇÕES ÚLTIMAS	15
FIGURA 5 – COMBINAÇÕES DE SERVIÇO	17
FIGURA 6 – SPLASH SCREEN	22
FIGURA 7 – TELA HOME	23
FIGURA 8 – JANELA CRIAR NOVO	24
FIGURA 9 – JANELA DE LISTA DE AÇÕES	25
FIGURA 10 – JANELA DE ADIÇÃO E EDIÇÃO DAS AÇÕES.....	27
FIGURA 11 – JANELA DE CONFIGURAÇÃO DAS AÇÕES – AÇÕES VARIÁVEIS.....	27
FIGURA 12 – JANELA DE RESULTADO.....	28
FIGURA 13 – EXEMPLO DE ARQUIVO CSV NO EXCEL.....	29
FIGURA 14 – EXEMPLO DE ARQUIVO CSV NO EDITOR DE TEXTO	29
FIGURA 15 – EXEMPLO DO CABEÇALHO NO EXCEL	31
FIGURA 16 – EXEMPLO DO CABEÇALHO NO EDITOR DE TEXTO	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVO	8
3 JUSTIFICATIVA	9
4 ESTADOS LIMITES	10
4.1 Estados-Limites Últimos (ELU)	10
4.2 Estados-Limites de Serviço (ELS)	11
5 AÇÕES	12
5.1 Ações Permanentes	12
5.2 Ações Variáveis	13
6 COMBINAÇÕES DE AÇÕES	14
6.1 Combinações do Estado Limite Último	14
6.1.1 Combinações normais	16
6.1.2 Combinações especiais ou de construções	16
6.1.3 Combinações excepcionais	17
6.2 Combinações do Estado Limite Serviço	17
6.2.1 Combinações quase permanentes de serviço	17
6.2.2 Combinações frequentes de serviço	18
6.2.3 Combinações raras de serviço	18
7 RECUSOS DO DESENVOLVIMENTO	19
7.1 Linguagem de Programação - C#	19
7.2 Programação Orientada à Objeto (POO)	20
7.3 Visual Studio 2019 – IDE	21
8 FERRAMENTA COMPUTACIONAL	22
8.1 Tela e Janelas	22
8.2 Arquivo de Importação	28
9 SIMULAÇÃO DE USO	32
10 CONCLUSÃO	33

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento de todas as ações que agem em uma construção, além de todas as suas combinações possíveis que possam de alguma forma exigir de seus componentes construtivos, é de extrema importância. O estudo de seus efeitos e possíveis soluções são fundamentais para a escolha correta de todo o processo construtivo.

Sabendo de como é trabalhoso e indispensável o cálculo da combinação das ações em uma estrutura e que muitas vezes causam danos humanos e materiais por algum erro na hora de executar ou até mesmo calcular, foi desenvolvida uma ferramenta computacional de cálculos que auxiliará estudantes e até mesmo engenheiros, que de alguma forma irão precisar desses cálculos, minimizando erros e otimizando os resultados que por serem complicados e muitas vezes precisam de várias combinações exigem precisão e rapidez.

Essa ferramenta automatizará cálculos e combinações além de ser de fácil entendimento para que até mesmo pessoas que tenham dificuldade de executar algum tipo de programa, fazer os cálculos com rapidez e facilidade, obtendo resultados precisos e satisfatório. Com uma linguagem simples e de fácil entendimento, e indicação de possíveis erros, para que fique simples e rápido até a hora de fazer a escolha.

Com isso será fácil calcular os esforços nas estruturas de vários tipos de construção, e a partir daí fazer o dimensionamento necessário dos elementos estruturais para um bom processo da construção, analisando qualquer imprevisto com antecedência, resolvendo possíveis erros e tornando viável e seguro todo o processo, além de poder ser operado com muita praticidade e funcionalidade.

2 OBJETIVO

Esse TCC tem a proposta de criar uma ferramenta computacional para auxiliar nos cálculos de combinações de ações, buscando mais praticidade, agilidade e maiores chances de acertos, para estudantes e engenheiros, tornando os resultados mais confiáveis e o processo mais prático.

O desenvolvimento da ferramenta tem o objetivo de fazer com que seja de fácil compreensão, serão fixadas todas as informações padrão para facilitar ainda mais os usuários, que são engenheiros civis e estudantes de engenharia civil.

No final a ferramenta mostrará todas as combinações realizadas em formato de memorial de cálculo, com o intuito de facilitar e minimizar os erros humanos gerados na hora da resolução, pois compreende-se que geralmente são muito trabalhosos.

A ferramenta conta com métodos de operação simples, de fácil compreensão e configuração; para pessoas que tem ou não facilidade com mecanismos tecnológicos, a fim de tornar viável sua interação no meio da engenharia civil.

3 JUSTIFICATIVA

Muitos estudantes de engenharia civil e até mesmo engenheiros civis, tem muito trabalho e muitas vezes cometem erros no momento dos cálculos de combinações de ações, já que exige muita atenção para criar as diversas possibilidades de combinações e de coletar os fatores exigidos pela normatização. Atualmente em toda edificação deve ser considerada a atuação do vento, tornando as combinações imprescindíveis.

Fazer um estudo sobre as ações existente em uma estrutura, a fim de compreender quais são as combinações recomendadas por norma e os fatores dessas combinações, entendendo quais combinações são necessárias para cada tipo de estrutura, é uma das coisas mais importantes na etapa de elaboração de um projeto. Uma ferramenta que auxilia nos cálculos normalmente diminui as chances de erro, tornando-se muito útil, deixando simples o que antes era muito trabalhoso.

A ferramenta computacional conta com um modo simples e fácil de desenvolver uma tarefa que antes tomava muito tempo e exigia muito trabalho na hora de fazer todas as combinações, fazendo qualquer pessoa que antes tinha dificuldade, desenvolver trabalhos de modo simples, tornando confiável e seguro todo o processo.

4 ESTADOS LIMITES

Os estados limites em uma estrutura, são critérios que a considera imprópria para o uso, por razões de segurança, estética, desempenho, funcionalidades fora do padrão especificados para sua utilização; em outras palavras é o estado que a estrutura deixa de atender os requisitos para um funcionamento de forma plena e adequada. Eles são fundamentados em métodos métodos semi-probabilísticos, para desenvolver as combinações de ações, sendo usado o método semi-probabilístico nos cálculos pela norma, que utiliza dados empíricos nos cálculos, majora as ações e esforços, diminui os valores de resistências, equaciona a situação de ruína tornando o esforço solicitante de cálculo igual a resistência, podem ser dividido em estado limite ultimo e estado limite de serviço, e definem alguns parâmetros para a segurança das construções. Historicamente os métodos clássicos baseavam-se no conceito do fator de segurança e os métodos probabilísticos e semi probabilísticos representaram um avanço tecnológico no conceito de segurança e desempenho.

4.1 Estados-Limites Últimos (ELU)

A segurança das estruturas de concreto deve sempre ser verificada de acordo com o que está prescrito na norma de regulamentação (NBR 6118:2014 - Projetos de Estruturas de Concreto - Procedimento) e será tomada como referência para esse trabalho, sempre observar os seguintes estados-limites últimos para que uma estrutura possa estar dentro dos padrões exigidos na norma, respeitando sempre o que ela exige.

Figura 1 – Verificações para o Estado Limite Últimos

- a) estado-limite último da perda do equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido;
- b) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às solicitações normais e tangenciais, admitindo-se a redistribuição de esforços internos, desde que seja respeitada a capacidade de adaptação plástica definida na Seção 14, e admitindo-se, em geral, as verificações separadas das solicitações normais e tangenciais; todavia, quando a interação entre elas for importante, ela estará explicitamente indicada nesta Norma;
- c) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando os efeitos de segunda ordem;
- d) estado-limite último provocado por solicitações dinâmicas (ver Seção 23);
- e) estado-limite último de colapso progressivo;
- f) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando exposição ao fogo, conforme a ABNT NBR 15200;
- g) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, considerando ações sísmicas, de acordo com a ABNT NBR 15421;
- h) outros estados-limites últimos que eventualmente possam ocorrer em casos especiais.

4.2 Estados-Limites de Serviço (ELS)

Estados-limites de serviço relaciona a utilização da estrutura de maneira que ela proporcione conforto, seja durável e sua aparência passe a sensação de bem estar para quem a esteja utilizando, suportando não só as ações causadas pelo uso quanto relacionado as máquinas que possam estar sobre ela.

As estruturas de concreto para estarem seguras pode serem sujeitas a testes relacionado a alguns estados-limites de serviço segundo métodos de específicos e confiáveis (NBR 6118). Em construções especiais pode ser necessário verificar o atendimento em relação a outros estados limites de serviço.

Um exemplo de desconforto no estado limite de serviço, é o excesso de deformação em vigas, que a olho nu pode gerar uma impressão de insegurança, porém que não passa de uma patologia causada por deficiência na execução ou dimensionamento inadequado, mas que mesmo não estando dentro do padrão de serviço pode não proporcionar risco à segurança.

Outra patologia em vigas muito observado são as vibrações excessiva, como por exemplo em estádios de futebol, que quando lotados e a torcida começa a se movimentar ao mesmo tempo, causa a impressão de insegurança, pois balança muito e muitas vezes nota-se um comportamento elástico nas vigas, causando muito mal-estar a quem presencia, mas sem qualquer perigo a quem utiliza.

5 AÇÕES

Ações são causas que provocam algum tipo de esforço ou deformação nas estruturas, e causa influência sobre um corpo capaz de produzir um estado de tensão ou modificar um estado já existente, podem ser isoladas ou em outras situações, podem ser em conjunto com outras que geram algumas combinações que devem ser estudadas e compreendida para um correto processo construtivo.

5.1 Ações Permanentes

Para as ações permanentes, deve se levar em conta que será uma carga presente em todo o tempo de vida útil da estrutura e os valores característicos devem ser adotados iguais aos valores médios das respectivas distribuições de probabilidade, sejam valores característicos superiores ou inferiores.

Tabela 1 – Definições das Ações Permanentes

TIPO	AÇÃO		DEFINIÇÕES
Diretas	Peso próprio		Massa específica do concreto juntamente com a massa das armaduras e demais elementos estruturais e de fechamentos.
	Peso dos elementos construtivos fixos e de instalações permanentes		São considerados com seus valores nominais de massa específica e engloba todos os elementos que compõe a estrutura como portas, janelas, pisos etc.
	Empuxos permanentes		Esforços de terra e outros materiais granulosos em contato direto com a estrutura.
Indiretas	Retração do concreto		Impostas pela armadura em casos de deformação específica em obras de concreto armado.
	Fluência do concreto		Quando submetida a carregamento o concreto pode estar sujeito a imperfeições causadas por ele.
	Deslocamentos de apoio		Considera-se quando gerados esforços significativos em relação ao conjunto das outras ações.
	Imperfeições geométricas	Imperfeições globais	Considera-se quando há um desaprumo nas estruturas.
		Imperfeições locais	Tração recorrente do desaprumo de pilares contra ventados a pilares de contraventamento
		Momento mínimo	Efeito das imperfeições locais nos pilares e pilares-parede.
	Protensão		Deve ser considerada em todas as estruturas protendidas, considerando a força inicial e as perdas de protensão.

5.2 Ações Variáveis

O vento e a água correspondem a cargas acidentais na estrutura e se encaixam como cargas variáveis, pois estão presentes esporadicamente na estrutura e devem respeitar as prescrições feitas pelas normas brasileiras específicas, as ações variáveis tem valores específicos por consenso indicado por norma e correspondem a valores que vão de 25% a 35% de probabilidade de serem ultrapassados durante um período de 50 anos no sentido desfavorável, o que corresponde que o valor característico com período de retorno médio é de 174 anos a 117 anos respectivamente.

Tabela 2 – Definições das Ações Variáveis

TIPO	AÇÃO	DETALHES
Diretas	Cargas acidentais previstas para o uso da construção	Cargas laterais, verticais, de frenação ou aceleração, força centrífuga, sempre considerando a posição mais desfavorável.
	Ação do vento	Deve ser analisado a partir de critérios que possam contribuir desfavoravelmente para a estrutura como a localização, a altitude e velocidade, e possíveis danos desfavoráveis causados por esses fatores.
	Ação da água	Deve ser analisado quanto ao valor que a carga de reservatórios, caixas de água, tanques etc. Terão nas estruturas e onde possa haver acúmulo de água provenientes de chuvas, deve ser considerado o valor da lâmina de água ali acumulada.
	Ações variáveis durante a construção	Peso próprios de itens que vão ser usado na construção, mas que ainda não podem ser incluídas na fase final da construção como andaimes, ferramentas, geradores etc.
Indiretas	Variações uniformes de temperatura	Deve ser considerado o clima regional onde a estruturas será e se seus elementos estruturais podem sofrer alterações pela variação da temperatura de acordo com suas dimensões.
	Variações não uniformes de temperatura	Quando a temperatura não seja distribuída significativamente igual em toda a estrutura alguns elementos podem sofrer variações de tamanho e outros não.
	Ações dinâmicas	Quando a estrutura seja sujeita a choques ou vibrações causados por choques de veículos, caminhões ou sujeita a ações de terremotos ou condições meteorológicas que de alguma forma possa causar danos desfavoráveis.

6 COMBINAÇÕES DE AÇÕES

No estado limite ultimo temos alguns fatores que tem de ser levado em conta na hora de fazer o estudo das ações nas estruturas, e chegar a um resultado que envolve além de fatores de redução e minoração, combinações de serviços que levarão em conta o tempo que cada tipo de ação fica na estrutura; assim chegaremos a combinações adequadas para cada situação.

Nos esforços solicitantes os cálculos devem ser multiplicados pelos coeficientes de majoração quando for utilizada em combinações, segundo alguns critérios para cada tipo de cálculo, onde será estabelecido qual ação estabelece maior esforço negativo ou positivo seguindo de um termo específico de majoração.

Para facilitar a visualização e entender melhor cada combinação de ação no ELU disponibilizaremos uma tabela para cada tipo de ações:

Figura 2 – Coeficiente de Combinação (ψ_0) e Redução (ψ_1 e ψ_2)

Ações		γ_{f2}		
		ψ_0	ψ_1^a	ψ_2
Cargas acidentais de edifícios	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ^b	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas ^c	0,7	0,6	0,4
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3

Fonte: NBR 6118:2014 - Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimento (página 65)

6.1 Combinações do Estado Limite Último

Os valores para verificação de resistência no estado-limite último para a execução de elementos estruturais nos quais estejam previstas condições desfavoráveis, o coeficiente deve ser multiplicado pelo valor referido para cada ação existente, para que se possa ter valores que represente maior segurança para a estrutura, escolhendo sempre um valor normatizado, podendo este ser favorável ou desfavorável para cada ação:

Figura 3 – Coeficientes de Ponderação

Combinações de ações	Ações							
	Permanentes (g)		Variáveis (q)		Protensão (p)		Recalques de apoio e retração	
	D	F	G	T	D	F	D	F
Normais	1,4 ^a	1,0	1,4	1,2	1,2	0,9	1,2	0
Especiais ou de construção	1,3	1,0	1,2	1,0	1,2	0,9	1,2	0
Excepcionais	1,2	1,0	1,0	0	1,2	0,9	0	0
onde D é desfavorável, F é favorável, G representa as cargas variáveis em geral e T é a temperatura. ^a Para as cargas permanentes de pequena variabilidade, como o peso próprio das estruturas, especialmente as pré-moldadas, esse coeficiente pode ser reduzido para 1,3.								

Fonte: NBR 6118:2014 - Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimento (página 65)

Assim com o seu respectivo valor de majoração, as cargas são introduzidas nas combinações e os cálculos são feitos com as cargas com as devidas correções e seguindo a ordem de frequência que cada uma representa na estrutura, podendo ser considerada como principal em algumas combinações e em outras como secundária levando consigo um coeficiente de redução.

Figura 4 – Combinações Últimas

Combinações últimas (ELU)	Descrição	Cálculo das solicitações
Normais	Esgotamento da capacidade resistente para elementos estruturais de concreto armado ^a	$F_d = \gamma_g F_{gk} + \gamma_{eg} F_{egk} + \gamma_q (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} F_{qjk}) + \gamma_{eq} \psi_{0e} F_{eqk}$
	Esgotamento da capacidade resistente para elementos estruturais de concreto protendido	Deve ser considerada, quando necessário, a força de protensão como carregamento externo com os valores $P_{k\max}$ e $P_{k\min}$ para a força desfavorável e favorável, respectivamente, conforme definido na Seção 9
	Perda do equilíbrio como corpo rígido	$S(F_{sd}) \geq S(F_{nd})$ $F_{sd} = \gamma_{gs} G_{sk} + R_d$ $F_{nd} = \gamma_{gn} G_{nk} + \gamma_q Q_{nk} - \gamma_{qs} Q_{s,\min}$, onde: $Q_{nk} = Q_{1k} + \sum \psi_{0j} Q_{jk}$
Especiais ou de construção ^b		$F_d = \gamma_g F_{gk} + \gamma_{eg} F_{egk} + \gamma_q (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} F_{qjk}) + \gamma_{eq} \psi_{0e} F_{eqk}$
Excepcionais ^b		$F_d = \gamma_g F_{gk} + \gamma_{eg} F_{egk} + F_{q1exc} + \gamma_q \sum \psi_{0j} F_{qjk} + \gamma_{eq} \psi_{0e} F_{eqk}$

Fonte: NBR 6118:2014 - Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimento (página 65)

Com base nas combinações disponíveis na norma, chegamos a algumas opções de combinações no estado limite último classificadas em:

6.1.1 Combinações normais

Combinações normais por esgotamento da capacidade de resistência da estrutura de concreto protendido deve ser considerado a força de protensão como carregamento externo com os valores P_k máximo e P_k mínimo para a força desfavorável e favorável.

Em cada combinação devem estar incluídas as ações permanentes e a ação variável principal, com seus valores característicos e as demais ações variáveis, consideradas secundárias, com seus valores reduzidos de combinação. Combinações normais por esgotamento da capacidade de resistência da estrutura de concreto armado;

$$F_d = \gamma_g \times F_{gk} + \gamma_{\varepsilon g} \times F_{\varepsilon gk} + \gamma_q \times \left(F_{q1k} + \sum \psi_{0j} \times F_{qjk} \right) + \gamma_{\varepsilon q} \times \psi_{0\varepsilon} \times F_{\varepsilon qk}$$

- F_d : Valor de cálculo das ações;
- γ_g : Coeficiente de ponderação permanente;
- F_{gk} : Ações permanentes;
- F_{q1exc} : Ações variáveis diretas;
- ψ_{0j} : Coeficiente de redução;
- $\gamma_{\varepsilon q}$: Coeficiente de ponderação variável.

6.1.2 Combinações especiais ou de construções

Em cada combinação devem estar presentes as ações permanentes e a ação variável especial, quando existir, com seus valores característicos e as demais ações variáveis com probabilidade não desprezível, de ocorrência simultânea, com seus valores reduzidos de combinação, conforme:

$$F_d = \gamma_g \times F_{gk} + \gamma_{\varepsilon g} \times F_{\varepsilon gk} + \gamma_q \times \left(F_{q1k} + \sum \psi_{0j} \times F_{qjk} \right) + \gamma_{\varepsilon q} \times \psi_{0\varepsilon} \times F_{\varepsilon qk}$$

- F_d : Valor de cálculo das ações;
- γ_g : Coeficiente de ponderação permanente;
- F_{gk} : Ações permanentes;
- F_{q1k} : Ações variáveis diretas;
- ψ_{0j} : Coeficiente de redução;
- $\gamma_{\varepsilon q}$: Coeficiente de ponderação variável.

6.1.3 Combinações excepcionais

Em cada combinação devem figurar as ações permanentes e a ação variável excepcional, quando existir, com seus valores representativos e as demais ações variáveis com probabilidade não desprezível de ocorrência simultânea, com seus valores reduzidos de combinação. Nesse caso se enquadram, entre outras, sismo e incêndio.

$$F_d = \gamma_g \times F_{gk} + \gamma_{\varepsilon g} \times F_{\varepsilon gk} + F_{q1exc} + \gamma_g \times \sum \psi_{0j} \times F_{qjk} + \gamma_{\varepsilon q} \times \psi_{0\varepsilon} \times F_{\varepsilon qk}$$

- F_d : Valor de cálculo das ações;
- γ_g : Coeficiente de ponderação permanente;
- F_{gk} : Ações permanentes;
- F_{q1exc} : Ações variáveis diretas;
- ψ_{0j} : Coeficiente de redução;
- $\gamma_{\varepsilon q}$: Coeficiente de ponderação variável.

6.2 Combinações do Estado Limite Serviço

São classificadas de acordo com sua permanência na estrutura e devem ser verificadas como estabelecido a seguir:

Figura 5 – Combinações de Serviço

Combinações de serviço (ELS)	Descrição	Cálculo das solicitações
Combinações quase permanentes de serviço (CQP)	Nas combinações quase permanentes de serviço, todas as ações variáveis são consideradas com seus valores quase permanentes $\psi_2 F_{qk}$	$F_{d,ser} = \Sigma F_{gi,k} + \Sigma \psi_{2j} F_{qj,k}$
Combinações frequentes de serviço (CF)	Nas combinações frequentes de serviço, a ação variável principal F_{q1} é tomada com seu valor frequente $\psi_1 F_{q1k}$ e todas as demais ações variáveis são tomadas com seus valores quase permanentes $\psi_2 F_{qk}$	$F_{d,ser} = \Sigma F_{gik} + \psi_1 F_{q1k} + \Sigma \psi_{2j} F_{qjk}$
Combinações raras de serviço (CR)	Nas combinações raras de serviço, a ação variável principal F_{q1} é tomada com seu valor característico F_{q1k} e todas as demais ações são tomadas com seus valores frequentes $\psi_1 F_{qk}$	$F_{d,ser} = \Sigma F_{gik} + F_{q1k} + \Sigma \psi_{1j} F_{qjk}$

Fonte: NBR 6118:2014 - Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimento (página 69)

6.2.1 Combinações quase permanentes de serviço

As combinações quase permanentes de serviço podem estar presente na maioria do período de duração da estrutura, e deve ser considerada para a verificação do estado limite de deformação excessiva.

$$Fd = \sum F_{gi,k} + \sum \psi_{2j} \times F_{qj,k}$$

- $F_{gi,k}$: Ações permanentes direta;
- ψ_2 : Fator de redução;
- $F_{qj,k}$: Ações variáveis.

6.2.2 Combinações frequentes de serviço

Repetem-se muitas vezes durante o período de vida da estrutura, e sua consideração pode ser necessária na verificação dos estados-limites de formação de fissuras, de abertura de fissuras e de vibrações excessivas. Podem também ser consideradas para verificações de estados-limites de deformações excessivas decorrentes de vento ou temperatura que podem comprometer as vedações;

$$Fd = \sum F_{gik} + \psi_1 \times F_{q1k} + \sum \psi_{2j} \times F_{qj,k}$$

- F_{gik} : Ações permanentes direta;
- ψ_2 : Fator de redução;
- ψ_1 : Fator de redução;
- F_{q1k} : Ações variáveis.

6.2.3 Combinações raras de serviço

Ocorrem algumas vezes durante o período de vida da estrutura, e sua consideração pode ser necessária na verificação do estado-limite de formação de fissuras.

$$Fd = \sum F_{gi,k} + F_{q1k} + \sum \psi_{1j} \times F_{qj,k}$$

- $F_{gi,k}$: Ações permanentes direta;
- ψ_1 : Fator de redução;
- $F_{qj,k}$: Ações variáveis.

7 RECUSOS DO DESENVOLVIMENTO

7.1 Linguagem de Programação - C#

Em 1990 a Microsoft se deparou com várias linguagens para resolver problemas diversos e toda vez que um programa precisava migrar era necessário aprender a nova linguagem, entendendo suas bibliotecas (Códigos prontos para resolução de processos complicados) e conceitos.

Nesse ano eles recorreram a linguagem Java, inclusive assinou um acordo de licenciamento com a Sun para utilizar o Java em ambiente Windows, porém ela não comunicava muito bem com o código nativo (código de máquina), com isso a Microsoft criou sua própria implementação no Java chamada J++ para resolver este problema.

O J++ só rodava em ambiente Microsoft e isso violava o licenciamento feito com a Sun, criando uma batalha judicial. Sem o J++ a Microsoft foi obrigada a repensar em como lidar com diferentes linguagens e tecnologias. A empresa começou a trabalhar em uma plataforma para ser a base de todas as soluções (que depois foi chamada de .Net), que conseguisse trabalhar com diversas linguagens usando as mesmas bibliotecas, assim quando fosse migrar só era preciso aprender a linguagem pois as bibliotecas eram as mesmas.

A Microsoft também precisava de uma linguagem, então começou o projeto COOL (C-like Object Oriented Language) com base nas linguagens de mercado o como: Java, C, C++, Smalltalk, Delphi e VB. A intenção era criar uma linguagem com soluções a problemas existentes em outra linguagens.

Em 2000 foi lançado o C# 1.0 (atualmente C# 7.3), tendo evoluído com expressiva velocidade, com novidade que se diferencia bastante da linguagem Java e outras concorrentes. Como algumas linguagens o C# roda em uma máquina virtual. O código é compilado para o código da máquina, transformando o código executável em binário, porém cada sistema operacional necessita de uma reescritura diferente, por isso é utilizado a máquina virtual pois ele “traduz” para cada sistema operacional.

A escolha dessa linguagem foi pelo fato de ser atualmente gratuita, ter suporte das maiores empresas de tecnologia mundiais, com algumas implementações ser possível rodar em diversos sistemas operacional e a facilidade do desenvolvimento de bibliotecas, possibilitando até o desenvolvimento de componentes para ser utilizado em outros sistemas como por exemplo o sistemas BIM. Alguns autores relatam que uma desvantagem do C# é pelo fato de rodar em

uma máquina virtual, pois torna o processamento mais lento, porém é isso que dá a versatilidade da linguagem.

7.2 Programação Orientada à Objeto (POO)

Para poder programar é necessário organizar os dados de forma estruturada, a fim de identificar como cada elemento se comporta, isto é feito por meio das classes, elas são objetos e possuem: parâmetros e métodos. Os parâmetros podem ser textos, números, booleano (verdadeiro ou falso), outra classe, entre outros tipos. Os métodos são constituídos por blocos de código que executam processos padrões, geralmente manipulando objeto e podem dar ou não um retorno. Todas as nomenclaturas de classes, objetos e métodos não apresentam: espaçamentos, acentuações e caracteres especiais; logo nos exemplos aqui apresentados esses caracteres não estarão presentes.

MACORATTI (O que significa Orientação a objetos?) descreve “O termo orientação a objetos significa organizar o mundo real como uma coleção de objetos que incorporam estrutura de dados e um conjunto de operações que manipulam estes dados.”

Existes alguns conceitos na Programação Orientada a Objeto POO, são: herança, encapsulamento e polimorfismo.

Herança acontece quando uma ou mais classes herdam os parâmetros e métodos de outra classe, assim pode-se colocar elementos comum de um grupo de classe em uma classe principal e essa ser herdada pela demais, também conhecida como superclasse.

Encapsulamento é quando os objetos e os processos dos métodos de uma classe são ocultos, logo quando um terceiro usar esse tipo de classe, não sabe seus parâmetros e o processo que o método executa, exemplo: uma classe “Circulo” pode ter um objeto “raio”, mas em alguns casos será informado o diâmetro, não tem a necessidade de criar mais um objeto chamado “diâmetro”, em vez disso cria-se um método chamado “setdiametro” e internamente divide o diâmetro por dois assim salvando o resultado no raio. O problema de ter dois objetos um chamado “raio” e o outro “diâmetro” é que nem sempre será informado os dois, assim algumas contas usar o “raio” enquanto outras usa o “diâmetro”, com isso é mais simples ter somente um objeto e fazer a conversão na hora de guarda e de usar.

Polimorfismo ocorre em superclasses, quando um mesmo método pode ser executado de maneiras diferentes, exemplo: a superclasse “Figura” é herdada pelas classes “Retangulo” e “Circulo”, a superclasse tem o método chamado “CalcularArea”, porém quando for usado na

classe “Retangulo” tem que ser feito a conta: comprimento multiplicado pela largura; e quando for usado na classe “Circulo” tem que ser feito a conta: “pi” multiplicado pelo raio ao quadrado.

Exemplo de uma estrutura de classes com os elementos mencionados acima:

- Superclasse: Figura
 - Parâmetros:
 - descricao
 - Método:
 - CalcularArea
- Classe: Retangulo
 - Parâmetros:
 - descricao (herdado da superclasse)
 - comprimento
 - largura
 - Método herdado da superclasse, mas com processo diferente:
 - CalcularArea (comprimento multiplicado pela largura)
- Classe: Circulo
 - Parâmetros:
 - descricao (herdado da superclasse)
 - raio
 - Método:
 - setdiametro (diametro dividido por dois)
 - Método herdado da superclasse, mas com processo diferente:
 - CalcularArea (“pi” multiplicado pelo raio ao quadrado)

7.3 Visual Studio 2019 – IDE

O Visual Studio 2019 é um Ambiente Integrado de Desenvolvimento (IDE), logo ele é um editor de arquivos com recursos para ajudar no desenvolvimento, foi desenvolvido pela Microsoft, mesma empresa responsável pela linguagem C#, com isso tem diversos recursos compatíveis com a linguagem. A ferramenta foi desenvolvida em uma versão gratuito o “Visual Studio Community”.

O Visual Studio 2019 ajuda na programação mais rápida e eficiente com recursos como: sugestão de código, inspeção de bugs (erros de desenvolvimento), análise do código em tempo de execução, entre muitos outros. Ele também possibilita a integração com o GitHub, um sistema que gerencia projetos e ajuda no versionamento (mesclar o trabalho de diversos desenvolvedores), além de criar uma versão na nuvem, assim tendo uma versão do software em um ambiente seguro.

8 FERRAMENTA COMPUTACIONAL

Ao desenvolver a ferramenta computacional, foi pensada para ter uma boa usabilidade, para que qualquer pessoa, mesmo com pouco conhecimento em utilizar computador conseguisse trabalhar nela. Com isso foi utilizado o padrão do sistema operacional Windows e alguns botões com imagem para ser mais fácil de usar.

Para as pessoas que sabe mexer em computador, é possível acessar a maioria dos comandos através de “atalhos” ao clicar em teclas específicas no teclado, os atalhos podem ser encontrados na ferramenta.

Outro recurso é a criação de um importador em formato CSV (ponto e vírgula), para a ferramenta entender o arquivo de importação foi criado siglas, geralmente elas estarão entre parenteses e servem para informar cada determinado item, que será apresentado no Capítulo 8.2 ARQUIVO DE IMPORTAÇÃO. Para auxiliar em futuros ajustes é possível salvar os dados e importar futuramente.

Um item de ajuda foi criado onde pode encontrar todas as informações sobre a ferramenta, além de como utilizá-la e como criar o arquivo de importação. Para usar a ferramenta acesse: <https://github.com/AirtonJunior/StructureActions>.

8.1 Tela e Janelas

Ao iniciar a ferramenta ela exibe o Splash Screen por 3 segundos, nessa tela é exibido: nome da ferramenta, subtítulo do TCC, nome dos integrantes, nome do orientador e logo da Uninove.

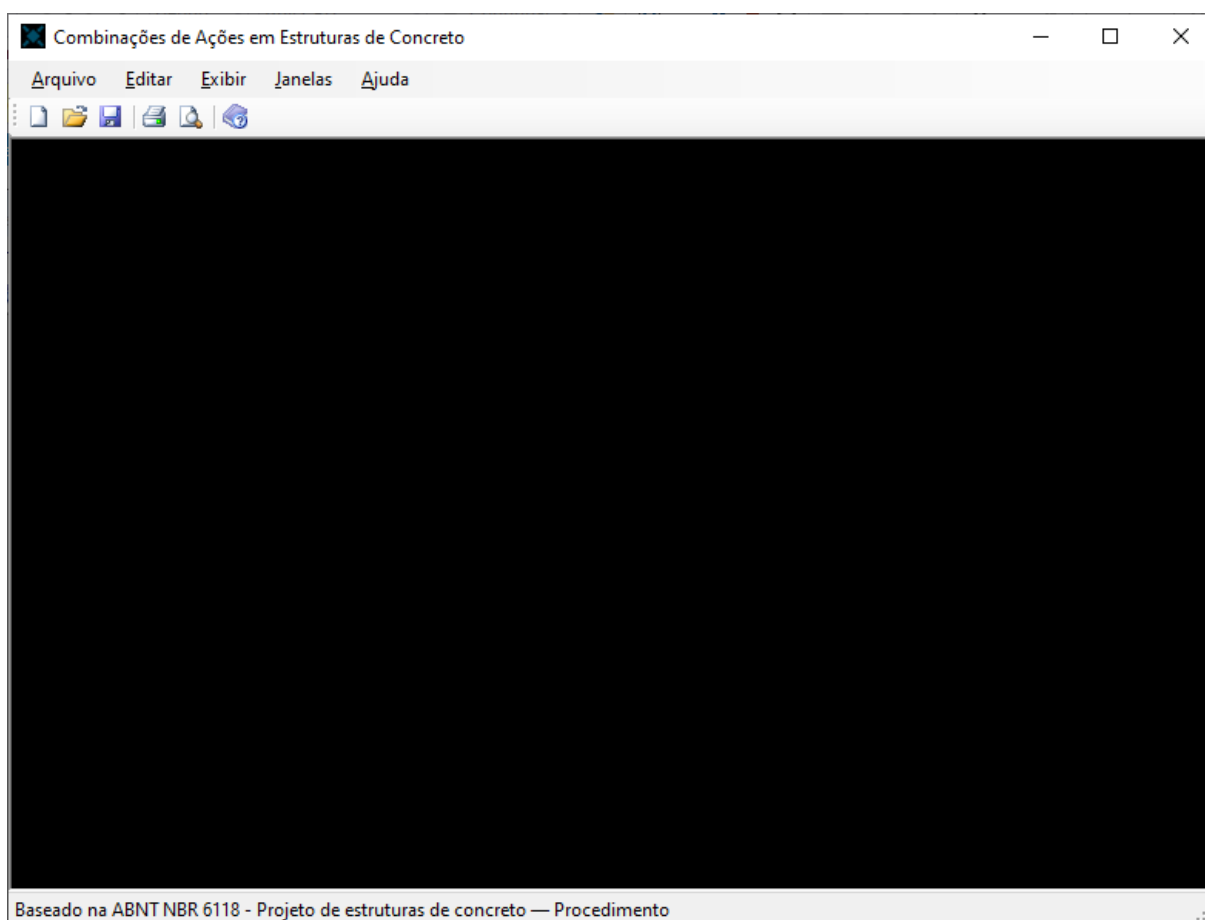
Figura 6 – Splash Screen



Depois do Splash Screen é aberto a Home (tela principal), toda a ferramenta funciona dentro dessa tela e é onde tem os principais botões como: criar um novo projeto, importar dados, salvar os dados, imprimir o resultado, organizar as janelas (telas internas), ajuda, entre outros.

É possível criar um projeto do zero ou importar os dados com o arquivo CSV que será explicado na próxima seção. Quando for salvar os dados é necessário estar com um projeto aberto, no caso de imprimir o resultado tem que estar com a página do resultado aberta.

Figura 7 – Tela Home



Ao clicar em importar (Abrir) ou apertar em Ctrl+O é aberta uma janela para a seleção de um arquivo CSV, após selecionado a ferramenta abre a janela de “Criar Novo” (essa janela é do tipo diagnostico que bloquei o restante da ferramenta até que ela seja fechada pelo botão “X” que cancela a operação ou pelo botão “AVANÇAR” para concluir a operação), o nome do arquivo é colocado no título da janela, nessa tela tem que ser selecionado o “Tipo de Concreto Estrutural” e “Combinações de Ações (ELU)”, em seguida clicar no botão “AVANÇAR”. Com isso a ferramenta faz uma validação de todos os dados para identificar possíveis inconsistências

de dados, caso encontre é aberto uma janela informada o que está errado e finaliza o processo de importação.

Quando importado um arquivo sem erro a ferramenta abre a janela com a lista de ações que será explicada mais a diante. É possível evitar a janela “Criar Novo” inserindo a sigla do “Tipo de Concreto Estrutural” e “Combinações de Ações (ELU)” no nome do arquivo da seguinte forma:

<nomedeidentificacao>_<SiglaTipodeConcretoEstrutural>_<SiglaCombinacaoodeAcaoELU>.csv

Para o caso do “Tipo de Concreto Estrutural” de “Concreto Armado (CA)” e “Combinações de Ações (ELU)” “Normais (NO)” o nome do arquivo ficará algo como: “edificio_CA_NO.csv”.

Figura 8 – Janela Criar Novo

Algo parecido ocorre ao clicar em novo ou apertar em Ctrl+N na tela de Home, porém não abre uma janela de seleção de arquivos, o título permanece com o texto “Criar Novo” e não é feita nenhuma validação, pois não tem dados para ser avaliados.

O “Tipo de Concreto Estrutural” serve para definir quais as combinações do ELS serão calculadas, conforme a norma. Para a “Combinações de Ações (ELU)” além de saber qual a combinação a ser utilizada também serve para definir os coeficientes de ponderação. Opções:

- Tipo de Concreto Estrutural:
 - Concreto Simples (CS);
 - Concreto Armado (CA);
 - Concreto Protendido Nível 1 (Protensão Parcial - PP);
 - Concreto Protendido Nível 2 (Protensão Limitada - PL);
 - Concreto Protendido Nível 3 (Protensão Completa - PC).

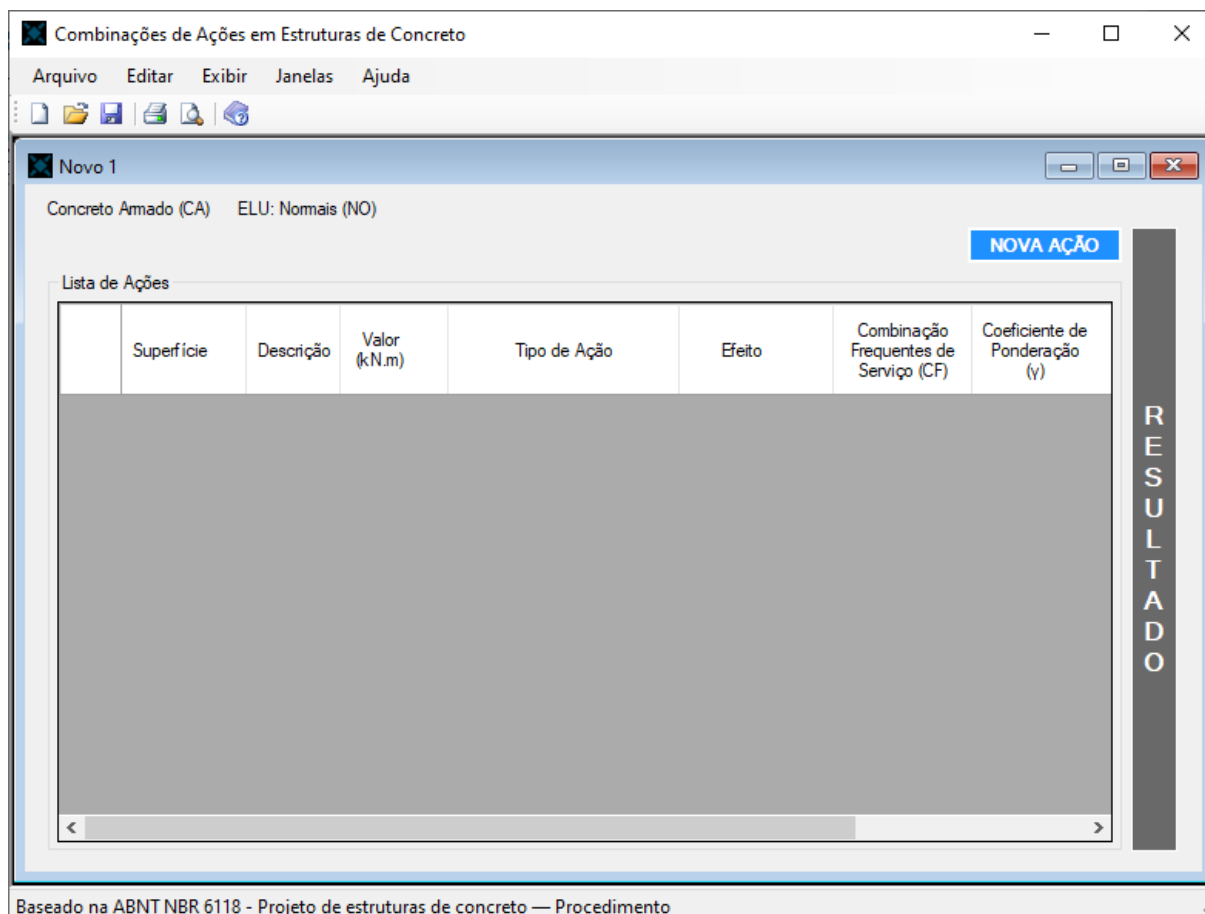
- Combinações de Ações (ELU):
 - Normais (NO);
 - Especiais ou de Construção (EC);
 - Excepcionais (EX).

Após a configuração das informações iniciais é aberto a janela de lista de ações, nessa janela é informado as configurações anteriores, um botão chamado “NOVA AÇÃO” para criar uma ação, uma tabela para mostrar as ações inseridas e um botão chamado “RESULTADO”.

Na tabela é mostrado os campos fixos: Superfície, Descrição, Valor, Tipo de Ação, Efeito, Coeficiente de Ponderação (γ), Fator de Combinação (ψ_0), Fator de Redução (ψ_1) e Fator de Redução (ψ_2). Também existe os campos variáveis que só mostra de acordo com o “Tipo de Concreto Estrutural” que são: Combinação Quase Permanentes de Serviço (CQP), Combinação Frequentes de Serviço (CF) e Combinação Raras de Serviço (CR).

Ao clicar na tabela em uma linha de uma ação existente abre a janela de inserção de ação, que será detalhada a seguir, as mudanças nessa janela é que no lugar do botão “SALVAR” tem um botão “ALTERAR” e um botão “DELETAR” é mostrado para fazer a exclusão da ação.

Figura 9 – Janela de Lista de Ações



Quando clica no botão “NOVA AÇÃO” é aberto uma janela do tipo diagnostico, com todas as informações que são necessárias para o cálculo e para separar os dados por superfície (elemento construtivo). Para um melhor entendimento a seguir a importância de cada dado:

- Descrição: A descrição serve para a identificação das ações, em uma mesma superfície não pode existir descrições iguais, o valor informado deve ser alfanumérico de no mínimo 5 (cinco) caracteres;
- Valor: É o valor numérico do esforço que a ação transmite para a superfície em kN.m;
- Tipo de Ação: Deve ser checado umas das opções de acordo com a ação que está sendo configurada, esse valor é utilizado juntamente com outros dados para definir o valor do coeficiente de ponderação (γ), as opções são as seguintes:
 - Permanentes:
 - Gerais (PG);
 - Pretensão (PP);
 - Recalques de apoio e retração (PR).
 - Variáveis:
 - Gerais (VG);
 - Temperatura (VT).
 - Excepcional:
 - Excepcional (EX).
- Efeito: Informado se a ação permanente é “Desfavorável (D)” ou “Favorável (F)”, é utilizado para identificar o fator de ponderação;
- Superfície: Tem duas opções, primeiro criar uma superfície nova ou selecionar uma superfície já existente, todas as contas são feitas por superfície, o dado informado deve ser um valor alfanumérico de no mínimo 5 caracteres.
- Combinações de Ações – ELU: Nessa parte tem que ser informada as combinações do Estado Limite de Serviço que a ação faz parte, é exibido as combinações que faz parte do “Tipo de Concreto Estrutural” de acordo com a norma; A janela do modelo para as ações permanente pode ser visualizada na figura a seguir:

Figura 10 – Janela de Adição e Edição das Ações

Nova Ação

Dados

Descrição:

Valor: kN.m

Tipo: Permanente Geral (PG)

Efeito: Desfavorável (D)

Superfície

Nova Superfície

ou selecione uma superfície existente

Combinções de Serviço - ELS

☒ Frequentes (CF)

CANCELAR **INSERIR**

As ações variáveis necessitam de mais informações, o fator de combinação e os fatores de redução, porém não necessita do efeito, com isso a janela abre mais uma opção onde deve informar a partir de uma tabela a categoria que a ação variável faz parte. Para as ações variáveis gerais tem as três opções de carga accidental e a opção do vento, quando é uma ação variável de temperatura só exibe a opção de temperatura. Conforme a figura a seguir que mostra a opção variável geral selecionada.

Figura 11 – Janela de Configuração das Ações – Ações Variáveis

Nova Ação

Dados

Descrição:

Valor: kN.m

Tipo: Variável Geral (VG)

Superfície

Nova Superfície

ou selecione uma superfície existente

Combinções de Serviço - ELS

☒ Frequentes (CF)

Fator de Combinação e Fatores de Redução

	Sigla	Descrição	Fator de Combinação (Ψ0)	Fator de Redução (Ψ1)	Fator de Redução (Ψ2)
▶	a1	Cargas accidentais de edifícios: Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas (Edificações residenciais, de acesso restrito)	0,5	0,4	0,3
	a2	Cargas accidentais de edifícios: Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas (Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público)	0,7	0,6	0,4
	a3	Cargas accidentais de edifícios: Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
	v	Vento: Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0

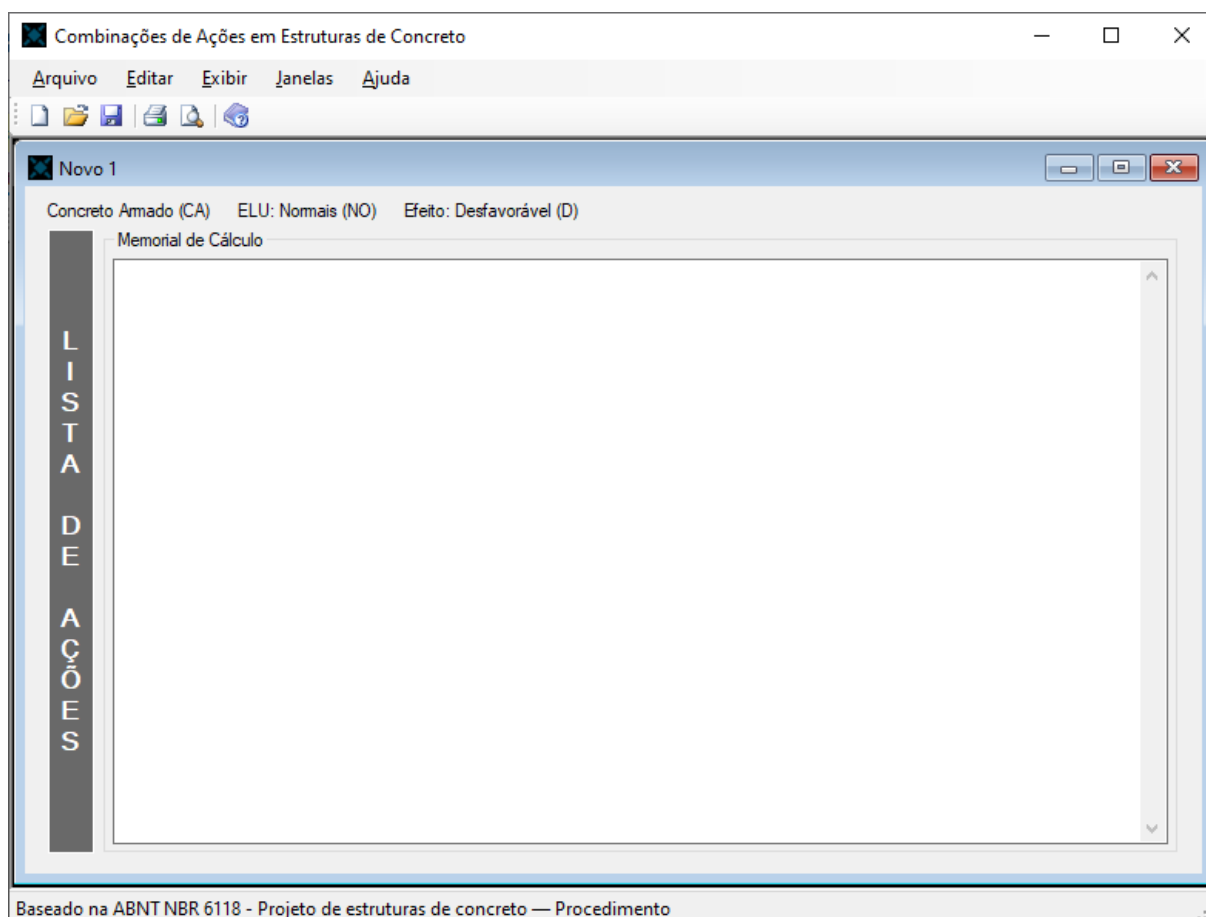
CANCELAR **INSERIR**

Quando tenta inserir ou editar uma ação é feito uma validação dos dados, onde verifica se existe alguma configuração que não está de acordo com a norma ou com a configuração inicial.

Após inserir todas as informações pode ser visualizado o resultado com o memorial de cálculo ao clicar no botão “RESULTADO” na janela de lista de ações, nesse momento é feito uma verificação de inconsistência de dados por superfície e somente se tiver tudo de acordo é possível ver o resultado.

Para as combinações ELU é validado se existe no mínimo uma ação direta permanente e uma ação direta variável, no caso das combinações do ELS é verificado se existe uma ação permanente e uma variável independente do tipo direto ou indireto. Quando selecionado a combinação ELU “Excepcionais (EX)” é verificado se existe uma ação deste tipo.

Figura 12 – Janela de Resultado



8.2 Arquivo de Importação

O arquivo de importação é do tipo CSV que significa “comma-separated-values” (valores separados por vírgulas), porém na ferramenta foi utilizado uma variação desse tipo que

em vez de usar a vírgula é utilizado o ponto e vírgula (;). Esse tipo de arquivo é utilizado para transferência de informações entre sistemas distintos, sabendo-se a estrutura dos dados qualquer sistema consegue interpretar, pois a sua leitura é como um arquivo de texto simples.

O Excel consegue gerar arquivos CSV, para o tipo separado por ponto e vírgula (;) deve-se “Salvar uma Cópia” e selecione a opção "CSV (Macintosh) (*.csv)" ou "CSV (MS-DOS) (*.csv)". Além de gerar o Excel conseguiu alterar esse tipo de arquivo, tornando a utilização desse tipo de arquivo muito versátil por muitas pessoas saber utilizar o Excel. A seguir um exemplo básico de CSV:

Figura 13 – Exemplo de Arquivo CSV no Excel

	A	B
1	Integrante	Funcao
2	JOSE AIRTON CARDOSO ARAUJO JUNIOR	Desenvolvimento
3	LUCAS DE OLIVEIRA NUNES	Especificacao
4		

Figura 14 – Exemplo de Arquivo CSV no Editor de Texto

```
Integrante;Funcao
JOSE AIRTON CARDOSO ARAUJO JUNIOR;Desenvolvimento
LUCAS DE OLIVEIRA NUNES;Especificacao
```

Para a Ferramenta entender o arquivo de importação é preciso que na primeira linha tenha um cabeçalho com os seguintes campos: superfície, tipo, descricao, valor, efeito, fator, cqp, cf e cr. Nas demais linhas as informações correspondentes de cada ações, sendo uma ação por linha. Basicamente o arquivo de importação salva todas as ações a parti de uma planilha orientada, logo isso ajuda o usuário a inserir de forma mais prática as ações.

A seguir a explicação de cada um dos itens do cabeçalho:

- superfície – Informa a superfície que a ação está situada, é um valor alfanumérico de no mínimo 5 caracteres;
- tipo – Informa o tipo de ação, um dos tipos a seguir:
 - PG – Permanente Geral;
 - PP – Permanente de Protensão (Utilizado quando o Tipo de Concreto Estrutural for um dos 3 níveis de Concreto Protendido);

- PR – Permanente de Recalques de Apoio e Retração;
- VG – Variável Geral;
- VT – Variável de Temperatura;
- EX – Excepcional (Utilizado somente para a Combinações Excepcionais do ELU).
- descricao – Informa uma descrição para identificação da ação, é um valor alfanumérico de no mínimo 5 caracteres;
- valor – Informa o valor da força atuante na estrutura em kN.m, é um valor numérico;
- efeito – Serve para identificar o fator de ponderação da ação permanente, utilize um dos tipos a seguir:
 - D – Desfavorável;
 - F – Favorável;
 - OBS.: Vazio para as ações variáveis.
- fator – Serve para identificar os fatores de combinação e redução para as ações variáveis, utilize um dos tipos a seguir:
 - Para VG – Variável Geral:
 - A1 – Cargas acidentais de edifícios: Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas (Edificações residenciais, de acesso restrito);
 - A2 – Cargas acidentais de edifícios: Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas (Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público);
 - A3 – Cargas acidentais de edifícios: Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens;
 - V – Vento: Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral.
 - Para VT – Variável de Temperatura:
 - T – Temperatura: Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local

- OBS.: Vazio para as ações permanentes.
- cqp: Informa se a ação é para ser utilizada no cálculo de “Combinação quase permanente”, somente para “Concreto Protendido Nível 1 (Protensão Parcial - PP)”. Utilize um dos tipos a seguir:
 - S – Sim;
 - N – Não;
 - OBS.: Vazio para os demais Tipo de Concreto Estrutural.
- cf: Informa se a ação é para ser utilizada no cálculo de “Combinação frequente”, para todos os Tipos de Construção Estrutural com exceção da “Concreto Simples (CS)”. Utilize um dos tipos a seguir:
 - S – Sim;
 - N – Não;
 - OBS.: Vazio para os demais Tipo de Concreto Estrutural.
- cr: Informa se a ação é para ser utilizada no cálculo de “Combinação rara”, somente para “Concreto Protendido Nível 3 (Protensão Completa - PC)”. Utilize um dos tipos a seguir:
 - S – Sim;
 - N – Não;
 - OBS.: Vazio para os demais Tipo de Concreto Estrutural.

A seguir exemplo do cabeçalho no Excel e no Editor de Texto:

Figura 15 – Exemplo do Cabeçalho no Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	superficie	tipo	descricao	valor	efeito	fator	cqp	cf	cr
2									

Figura 16 – Exemplo do Cabeçalho no Editor de Texto

```
superficie;tipo;descricao;valor;efeito;fator;cqp;cf;cr
```


9 SIMULAÇÃO DE USO

10 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento da ferramenta computacional, conseguimos entender melhor todo o processo de avaliação de forças e de combinações que exige um bom entendimento de como age cada força separadamente e combinadas uma com as outras com seus respectivos valores já majorados ou reduzidos, implicando que o usuário conheça a norma que rege todo o processo que é a NBR 6118.

Como todo processo da ferramenta possui uma linguagem simples, pode ser usado além de pessoas que tenha conhecimento com programas computacionais como pessoas que não tenham tanta facilidade, tornando muito fácil trabalhar na ferramenta, pois a cada passo ela vai informando as inconsistências, erros e falta de informação, de modo didático e simples.

Além de todos os ganhos para a engenharia com a criação da ferramenta computacional, pode-se conseguir ser implementada em outras ferramentas como o BIM, pra isso necessita de alguns ajustes e testes que futuramente poderão incluídos, o que aumentará um grande leque de opção para a engenharia, que ganhará ainda mais com esse novo recurso na ferramenta.

Com isso concluímos que a criação da ferramenta computacional será muito lucrativo para todos que a utilizarão na área de engenharia civil, que de algum modo necessita desses cálculos para que seja possível projetar de forma precisa e que contribuirá de algum modo para toda a população, que é o que buscamos como engenheiros civis.

11 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro - RJ: ABNT, 2014.

ARAÚJO, E. C. D. C# e Visual Studio. **Casa do Código**. Disponível em: <<https://www.casadocodigo.com.br/products/livro-c-sharp>>.

CAELUM. C# e Orientação a Objetos. **Caelum**. Disponível em: <<https://www.caelum.com.br/download/caelum-csharp-dotnet-fn13.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

MACORATTI, J. C. C# - Classe base, classe derivada e alguns conceitos básicos - I. **Macoratti.net**. Disponível em: <http://www.macoratti.net/18/09/c_base1.htm>. Acesso em: 27 abr. 2020.

MACORATTI, J. C. O que significa Orientação a objetos? **Macoratti.net**. Disponível em: <http://www.macoratti.net/oo_conc2.htm>. Acesso em: 27 abr. 2020.

MACORATTI, J. C. Orientação a objetos : Conceitos Básicos. **Macoratti.net**. Disponível em: <http://www.macoratti.net/net_oocb.htm>. Acesso em: 12 maio 2020.

MICROSOFT. Visual Studio 2019. **Microsoft**, 2019. Disponível em: <<https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/vs/>>. Acesso em: 25 maio 2020.