

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

**Carlos Henrique Hupe Schwabe**

**Avaliação do envelope de justificação estrutural de  
aeronaves através da transformação conforme do fator de  
reserva à cargas unitárias**

**São Carlos**

**2021**



**Carlos Henrique Hupe Schwabe**

**Avaliação do envelope de justificação estrutural de  
aeronaves através da transformação conforme do fator de  
reserva à cargas unitárias**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Aeronáutica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Aeronáutico.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Leite Ribeiro

**São Carlos  
2021**



AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da  
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

H958            Hupe Schwabe, Carlos Henrique  
                  / Carlos Henrique Hupe Schwabe; orientador Marcelo  
                  Leite Ribeiro. São Carlos, 2021.

                  Monografia (Graduação em Engenharia Aeronáutica)  
-- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade  
de São Paulo, 2021.

                  1. cargas. 2. transformação conforme. 3.  
justificação estrutural. 4. fator de reserva. 5.  
envelopes de carga,. I. Título.



**FOLHA DE APROVAÇÃO**  
**Approval sheet**

<b>Candidato / Student:</b> Carlos Henrique Hupe Schwabe
<b>Título do TCC / Title :</b> Avaliação do envelope de justificação estrutural de aeronaves através da transformação conforme do fator de reserva à cargas unitárias
<b>Data de defesa / Date:</b> 17/01/2022

Comissão Julgadora / Examining committee	Resultado / result
Professor Doutor Ricardo Afonso Angélico	Aprovado
Instituição / Affiliation: EESC - SAA	
Professor Doutor Jorge Henrique Bidinotto	Aprovado
Instituição / Affiliation: EESC - SAA	

Presidente da Banca / Chair of the Examining Committee:



\_\_\_\_\_  
Professor Doutor Ricardo Afonso Angélico  
(assinatura / signature)





*Dedico este trabalho a meus pais, por todo o apoio que recebi para me tornar a pessoa que sou hoje.*







## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais e familiares, que me deram todo o suporte desde o começo para seguir meus sonhos e alcançar meus objetivos.

Ao Prof. Marcelo Leite Ribeiro pela orientação e todo o tempo e esforço dedicado a mim e à equipe EESC-USP Aerodesign durante a graduação, sendo sempre um sinônimo de apoio incondicional a todos os alunos.

A todos os professores que me auxiliaram na jornada de me tornar engenheiro aeronáutico: em especial ao Prof. James Rojas Waterhouse, Prof. Fernando Martini Catalano, Prof. Ricardo Afonso Angélico e Prof. Jorge Henrique Bidinotto por terem sido sempre muito prestativos, atenciosos e por terem compartilhado tanto conhecimento em suas áreas ao longo dos anos.

A equipe EESC-USP Aerodesign por ter me proporcionado mementos e experiências únicas durante a graduação e ter me dado uma segunda família por todo esse tempo

A meus amigos, com quem tive o enorme prazer de compartilhar as melhores e mais importantes experiências da minha vida.

Por fim, a meus avós, que me deram o exemplo de dedicação, perseverança e disciplina.



*"The credit belongs to the man who is actually in the arena, whose face is marred by dust and sweat and blood; who strives valiantly; who errs, who comes short again and again, because there is no effort without error and shortcoming; but who does actually strive to do the deeds; who knows great enthusiasms, the great devotions; who spends himself in a worthy cause; who at the best knows in the end the triumph of high achievement, and who at the worst, if he fails, at least fails while daring greatly, so that his place shall never be with those cold and timid souls who neither know victory nor defeat"*

*Theodore Roosevelt*





## RESUMO

SCHWABE, C. H. H. **Avaliação do envelope de justificação estrutural de aeronaves através da transformação conforme do fator de reserva à cargas unitárias**. 2021. 112p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

Com o avanço do emprego de simulações computacionais para o dimensionamento estrutural de aeronaves nos últimos anos, a indústria como um todo tem experimentado uma complexidade cada vez maior em seus processos internos de projeto para avaliar as constantes mudanças nas cargas atuantes na aeronave e seus efeitos nas estruturas já projetadas. Além disso, com a difusão da utilização de componentes comunais entre famílias de aeronaves (à exemplo das famílias A320 da *Airbus* e E-Jets da *Embraer*), a quantidade de retrabalho em termos de dimensionamento e certificação tem sido notáveis pelo aumento no número de simulações Ad-Hoc de excedências estruturais. O presente trabalho apresenta uma forma alternativa de avaliação de excedências, por meio de extrapolações de fatores de reserva para cargas unitárias, que necessitam ser calculadas apenas uma vez para um dado componente estrutural, reduzindo assim a quantidade total de tempo e esforço gastos com reavaliação. Foi descoberto que adotando o método da transformação conforme é possível aumentar consideravelmente os envelopes de justificação sem prejuízo significativo em termos de recursos computacionais

**Palavras-chave:** justificação estrutural, cargas, fator de reserva, envelopes de carga, transformação conforme.



## ABSTRACT

SCHWABE, C. H. H. **Evaluation of structural justification envelope based on the conformal mapping of reserve factors for unit loads.** 2021. 112p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

With the advancement of computer simulations for structural sizing on commercial aircraft, the industry as a whole has been experimenting a growth in complexity of their internal design processes to evaluate the constant changes in aircraft loads and its effects on the already designed structures. Also, with the increased usage of commonal components across aircraft families (e.g. *Airbus's* A320 families and *Embraer's* E-Jets), the total amount of rework for sizing and certification had been noticeable, due to the increase in the number of Ad-Hoc simulation of structural exceedences. This work presents an alternative procedure for the evaluation of such exceedences, through the usage of numerical extrapolation of unitary load reserve factors, that will need to be calculated just one time for a given component, thus, reducing the total time and effort spent on reevaluation. It was found that adopting the conformal mapping method, it is possible to considerably increase the justification interval of envelopes without necessarily penalising computational resources

**Keywords:** structural justification, loads, reserve factor, load envelopes, conformal mapping



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da Família <i>Single Aisle</i> Airbus . . . . .	29
Figura 2 – Exemplo de envelopes convexos . . . . .	33
Figura 3 – Envelope de cargas genérico . . . . .	34
Figura 4 – Método de cálculo de fator de reserva Fonte: (SHESHANARAYANA et al., 2018) . . . . .	36
Figura 5 – Processo de Cálculo de Cargas para novas variantes de aeronaves . . .	38
Figura 6 – Evolução do envelope de certificação . . . . .	39
Figura 7 – Idealização de um caixão de asa. Fonte: Adaptado de (PROENCA, 2021)	40
Figura 8 – Equilíbrio diferencial de uma parede de seção contínua. Fonte: Adaptado de (PROENCA, 2021) . . . . .	40
Figura 9 – Aeronave EESC USP Charlie 2019 . . . . .	43
Figura 10 – Diagrama V-N . . . . .	44
Figura 11 – Convenção de eixos adotada . . . . .	45
Figura 12 – Envelope $V_N \times M_t$ . . . . .	46
Figura 13 – Envelope $MF_N \times MF_T$ . . . . .	47
Figura 14 – Concepção estrutural da asa . . . . .	49
Figura 15 – Idealização da estrutura . . . . .	51
Figura 16 – Tensão Normal Revestimento . . . . .	54
Figura 17 – Tensão de cisalhamento na alma . . . . .	54
Figura 18 – Asa deformada . . . . .	54
Figura 19 – Cargas Unitárias . . . . .	55
Figura 20 – Modos de Falha Preferenciais . . . . .	56
Figura 21 – Fatores de reserva Unitários . . . . .	56
Figura 22 – Envelope de Justificação $V_N \times M_t$ . . . . .	59
Figura 23 – $MF_N \times MF_T$ . . . . .	60
Figura 24 – Áreas adicionais do envelope . . . . .	61



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variantes das famílias SA Fonte: Retirado de (AIRBUS INDUSTRI- E/EASA, 2021).	30
Tabela 2 – Dados da aeronave analisada	43
Tabela 3 – Casos de Carga $V_N$ x $M_t$	46
Tabela 4 – Casos de Carga $MF_N$ x $MF_T$	48
Tabela 5 – Propriedades - Materiais utilizados	49
Tabela 6 – Fatores de reserva para cada componente	52
Tabela 7 – Resumo Fatores de reserva	53





## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

USP	Universidade de São Paulo
<i>MEF</i>	<i>Método dos Elementos Finitos</i>
2D	Bidimensional - 2 Dimensões
3D	Tridimensional - 3 Dimensões
ND	N - Dimensional
SA	Single Aisle
WV	Weight Variant
MODS	Numero de Modificação de uma aeronave
TCDS	Type Certificate Data Sheet
LCM	Loads Certification Manual
RF	Fator de reserva
V-N	Diagrama de velocidade vs. Fator de carga
MTOW	Peso máximo de decolagem
TOW	Peso de decolagem
CAD	Desenho auxiliado por computador
FV	Fibra de Vidro



## LISTA DE SÍMBOLOS

$P_x$	Vetor de carga qualquer
$MF_{xyz}$	Momento no eixo x,y,z
$E$	Módulo de elasticidade longitudinal
$G$	Módulo de elasticidade transversal
$\sigma$	Tensão normal
$\tau$	Tensão de cisalhamento
$q_n$	Fluxo de cisalhamento na n-ésima seção avaliada
$MS_n$	Momento estático na n-ésima seção avaliada
$V_{xyz}$	Cortante no eixo x,y,z
$I_{xyz}$	Segundo momento de inércia em relação ao eixo x,y,z
$t_n$	Espessura do enésimo segmento avaliado
$n$	Fator de carga
$V$	Velocidade



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>29</b>
<b>1.1</b>	<b>Contexto</b>	<b>29</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivo do Trabalho</b>	<b>30</b>
1.2.1	Objetivos específicos	31
<b>1.3</b>	<b>Restrições do Projeto</b>	<b>31</b>
1.3.1	Dimensionalidade do problema	31
1.3.2	Efeitos não lineares	31
1.3.3	Casos de carga	32
<b>1.4</b>	<b>Organização do Trabalho</b>	<b>32</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>33</b>
<b>2.1</b>	<b>Envelopes</b>	<b>33</b>
2.1.1	Definição	33
2.1.2	Cálculo	34
<b>2.2</b>	<b>Definição do fator de reserva</b>	<b>35</b>
<b>2.3</b>	<b>Iteração Cargas-Estruturas</b>	<b>36</b>
<b>2.4</b>	<b>Método da idealização estrutural</b>	<b>39</b>
<b>3</b>	<b>DEFINIÇÃO DAS CARGAS E ESTRUTURA PARA ANÁLISE</b>	<b>43</b>
<b>3.1</b>	<b>Aeronave</b>	<b>43</b>
3.1.1	Dados da aeronave	43
3.1.2	Diagrama V-N	44
<b>3.2</b>	<b>Cargas na Asa</b>	<b>44</b>
3.2.1	Envelope $V_N \times M_t$	45
3.2.2	Envelope $MF_N \times MF_T$	47
<b>3.3</b>	<b>Estrutura da asa</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>CÁLCULO DA ESTRUTURA E FATORES DE RESERVA</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Dimensionamento</b>	<b>52</b>
<b>4.2</b>	<b>Cálculo dos fatores de reserva à cargas unitárias</b>	<b>55</b>
<b>5</b>	<b>ENVELOPE DE JUSTIFICAÇÃO</b>	<b>59</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>63</b>
<b>6.1</b>	<b>Trabalhos futuros</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>65</b>

	<b>APÊNDICES</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE A – CÓDIGOS COMPUTACIONAIS</b>	<b>69</b>
<b>A.1</b>	<b>Cargas</b>	<b>69</b>
<b>A.2</b>	<b>Estruturas</b>	<b>69</b>
	<b>APÊNDICE B – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES</b>	<b>71</b>
<b>B.1</b>	<b>Fatores de Reserva Unitários</b>	<b>71</b>
B.1.1	Envelope $V_N \times M_t$	71
B.1.2	Envelope $MF_N \times MF_T$	92

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto

Dado o aumento exponencial da complexidade das aeronaves sendo construídas e a crescente utilização do conceito de componentes comuns entre famílias de aeronaves, para a redução de custos, um tema de muito destaque tem sido: como se reduzir o retrabalho de projeto estrutural quando se tem uma nova família ou variante de aeronaves.

Um exemplo claro da necessidade de um método mais simples e menos oneroso de avaliação estrutural é o surgimento de novas e pequenas modificações em uma aeronave já fabricada. De forma mais palpável, a introdução da modificação MAXPAX (adição de assentos e otimização das rotas de escape MOD 156723 da TCDS) nas aeronaves da família A320 que, após extenso período de análise estrutural e de cargas, foi constatado que não existia necessidade de nenhum reforço estrutural para acomodar as novas cargas.

Vale notar que estas modificações não se restringem a este caso. Dentro das famílias A318, A319, A320 e A321 existem milhares de variantes que possuem diferentes envelopes de cargas nos documentos de certificação, apesar de possuírem estrutura idêntica, piorando ainda mais a situação de projetar novas aeronaves com base na estrutura comunal de aeronaves antigas.

A tabela 1 abaixo elenca o número total de variantes de cada aeronave da família A320, à título de informação



Figura 1 – Evolução da Família *Single Aisle* Airbus

Aeronave	Weight Variants (WVs)	MODS	Total de variantes
A320-200	20	6	1260
A321-100/200	21	4	315
A319-100	13	6	819

Tabela 1 – Variantes das famílias SA Fonte: Retirado de ([AIRBUS INDUSTRIE/EASA, 2021](#)).

Outra aplicação clara desta metodologia é a avaliação de excedências estruturais em operação, devido a ocorrência de incidentes como turbulências extremas, pousos duros ou *tail-strikes*. Atualmente estas avaliações são conduzidas através da comparação com os envelopes de certificação, o que muitas vezes acaba por gerar retrabalho do time de estruturas para diagnosticar que, ao final, esta excedência está estruturalmente coberta.

Tal processo consome tempo e recurso humano que poderia ser utilizado para novos projetos nas companhias e reduz a eficiência geral da estrutura gerencial. Isto pois a empresa deve manter alguns engenheiros e analistas dedicados para a avaliação deste tipo de evento. Além disso, o tempo necessário para uma reavaliação estrutural em MEF é muito maior que a simples comparação de envelopes de carga, aumentando muito o tempo de *Aircraft on Ground* e prejudicando a margem de lucro, já muito pequena, dos operadores de aeronaves.

## 1.2 Objetivo do Trabalho

O objetivo do presente trabalho é validar a abordagem de extrapolar envelopes de justificação estrutural utilizando a margem de segurança a um caso de carga de intensidade unitária

Para isso, será utilizada uma aeronave exemplo (EESC USP Arodesign Charlie 2019), que terá uma seção de asa avaliada à partir dos envelopes de cargas 2D advindos da simulação estática de cargas dentro do envelope de voo da aeronave.

Então, será simulada a estrutura, dimensionada para os esforços calculados, utilizando a metodologia de idealização estrutural proposta por ([MEGSON, 2017](#)), em diversas orientações de cargas unitárias para formar o envelope unitário de cargas e suas respectivas margens de segurança e fatores de reserva.

Por fim, o envelope unitário irá passar por uma transformação conforme, cuja função é dada por seus fatores de reserva, para ter seu fator de reserva igual a 1 (margem de segurança nula), definindo assim o envelope de justificação estrutural da seção.

Os extremos do envelope serão novamente simulados analiticamente para validar se a margem de segurança de fato é consistente e serão comparados os envelopes de justificação contra os envelopes iniciais utilizados para dimensionamento.



Espera-se que a área coberta pelo envelope transformado seja consideravelmente maior que o envelope utilizado para o dimensionamento. Isto evidenciaria a hipótese de que pode-se reduzir os esforços de reavaliação estrutural para boa parte dos aumentos de cargas atuantes em componentes da aeronave através de um envelope de justificação mais completo.

### 1.2.1 Objetivos específicos

- Cálculo do envelope de cargas de uma aeronave genérica e selecionada uma seção para análise;
- Dimensionamento preliminar da estrutura e simulação dos casos de carga unitários de forma analítica;
- Transformação do envelope unitário utilizando os fatores de reserva calculados;
- Validação da margem de segurança obtida nos pontos extremos do envelope;
- Comparação do envelope utilizado para dimensionamento e o envelope de justificação obtido e discussão da eficácia da metodologia;
- Discutir a respeito de evoluções na metodologia que podem ser tema de próximos trabalhos.

## 1.3 Restrições do Projeto

### 1.3.1 Dimensionalidade do problema

Para reduzir o tempo de processamento e possibilitar que o trabalho seja desenvolvido em um computador pessoal, sem necessidade de *clusters* ou grandes servidores, a dimensionalidade dos envelopes de cargas foram reduzidas à 2 dimensões. Para obter ângulos suficientemente pequenos entre os vetores de carga em envelopes de mais de 2 dimensões, seriam necessárias dezenas de simulações, impossibilitando a execução em um computador pessoal em tempo hábil, pois a complexidade do problema a ser estudado é de  $\alpha^N$ , aonde  $\alpha$  é um coeficiente qualquer definido pelo nível de discretização do espaço vetorial e  $N$  é o número de dimensões deste espaço. Para o caso em específico,  $\alpha = 30$

### 1.3.2 Efeitos não lineares

Além disso, a simulação foi feita considerando-se uma análise linear elástica. Para melhor refletir casos reais, especialmente se tratando de estruturas de casca, devem ser considerados também efeitos de instabilidade estrutural (*cripling*, flambagem local...) e também variações não lineares dos módulos de elasticidade dos materiais com a aplicação das cargas. Possíveis soluções para a aplicação do método deste trabalho para estes casos serão propostas na seção de trabalhos futuros.

### 1.3.3 Casos de carga

Conforme citado anteriormente, considera-se apenas efeitos lineares na análise estrutural. Por este motivo, descarta-se dos casos de carga avaliados, casos de carga dinâmicos, em especial àqueles estabelecidos na FAR25 e CS25 (e.g. Round the clock gusts, sharp edge gusts, wake encounters, continuous turbulence e sustained engine imbalance).

Além destes casos, assume-se que a análise será feita na condição LIMITE de cargas, dado que é presumida a deformação plástica e, por consequência, não linear nos materiais em condição ULTIMATE

## 1.4 Organização do Trabalho

O presente trabalho está dividido em sete capítulos da seguinte forma:

No Capítulo 1 é feita uma contextualização do projeto, conceituando sobre envelopes de carga, o processo de iteração entre as áreas de cargas e estruturas, além de apresentadas as motivações, objetivos e limitações deste trabalho.

No Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica sobre envelopes de carga, conceituação matemática de fatores de reserva e sua interpretação física, bem como a forma com que os envelopes são usados no processo de iteração entre as áreas de cargas e estruturas na indústria. Por fim é dada uma breve introdução do método analítico utilizado para dimensionamento estrutural

O Capítulo 3 Trata-se da seleção de cargas e descrição da estrutura da aeronave, bem como explicitados os *constraints* e parâmetros usados para modelagem

Já no Capítulo 4, será confeccionado o modelo estrutural e detalhadas as simulações conduzidas para as cargas unitárias, bem como seus resultados

Então, no Capítulo 5, é descrita a metodologia e são apresentados os resultados do envelope de justificação estrutural, construído à partir dos resultados da simulação feita no capítulo anterior

Por fim, o Capítulo 6 apresenta a conclusão deste projeto e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste Capítulo será introduzido o processo de avaliação de cargas e estruturas na indústria e explorados conceitos teóricos sobre diagrama V-N, envelopes de cargas, e alguns tópicos de álgebra linear utilizados para o dimensionamento dos envelopes de justificação estrutural

### 2.1 Envelopes

#### 2.1.1 Definição

De acordo com (KLETTE; ROSENFELD, 2004), um envelope (ou *Convex Hull*) é dado pelo polígono convexo com o menor número de vértice, capaz de compreender um conjunto de pontos no espaço. Pela definição formal um envelope convexo  $\Psi$ , em um espaço de N dimensões, contendo n pontos  $(p_1, p_2, p_3 \dots p_n)$  deve satisfazer a seguinte condição:

$$\Psi \equiv \left\{ \sum_{j=1}^n \lambda_j p_j : \lambda_j \geq 0 \text{ e } \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \right\} \quad (2.1)$$

No contexto deste trabalho, iremos focar no entendimento de envelopes convexos bidimensionais, porém, todos os conceitos aqui demonstrados são aplicáveis para dimensões superiores.

Para ilustrar melhor o conceito, a figura 2 descreve 3 situações aonde temos um conjunto de pontos compreendidos por uma envoltória, em apenas um caso a envoltória pode ser considerada um envelope

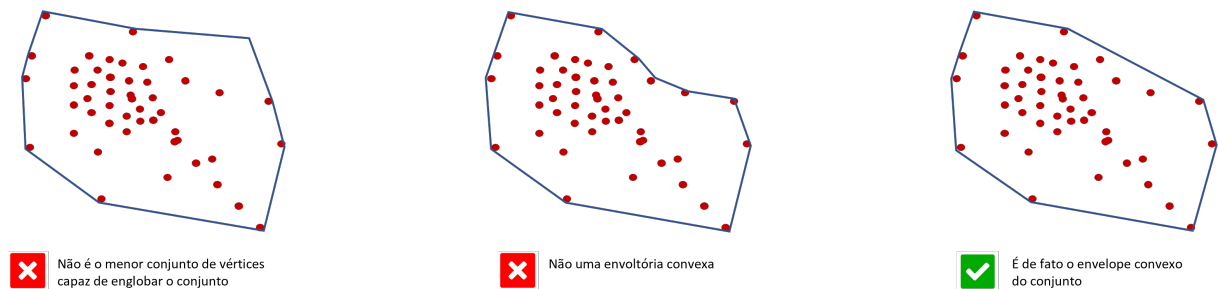


Figura 2 – Exemplo de envelopes convexos

Em nosso contexto, cada ponto do interior do envelope é um caso de carga específico e o plano é definido por 2 grandezas de interesse (Momentos fletores em diferentes eixos, por exemplo). Na figura 3 é mostrado um envelope de cargas  $MF_x$  x  $MF_z$  de uma aeronave genérica:

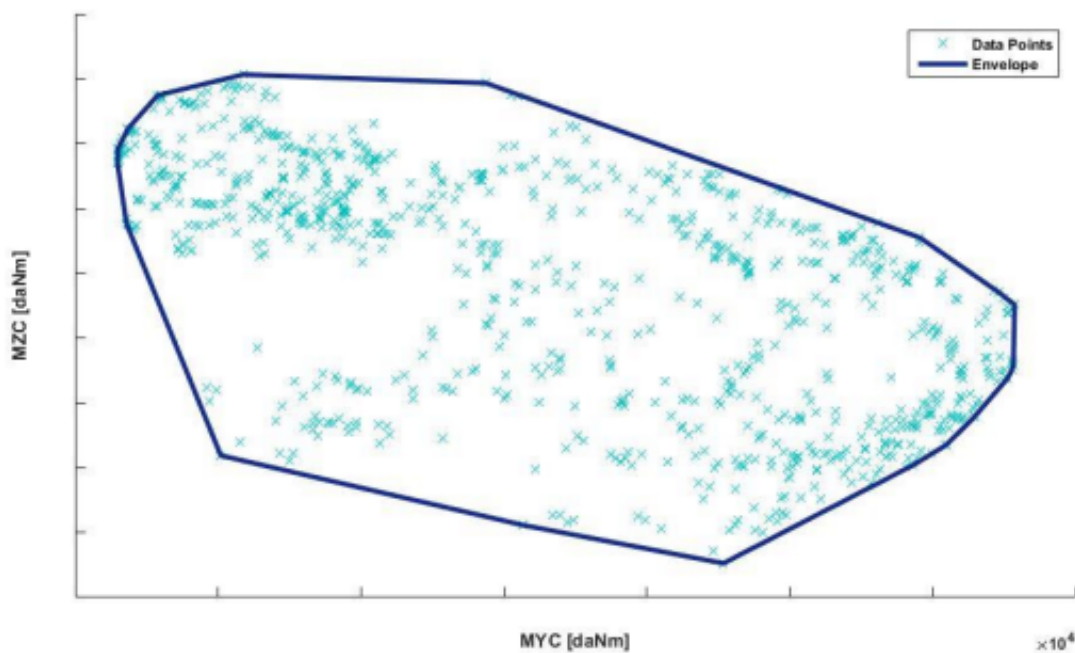


Figura 3 – Envelope de cargas genérico

### 2.1.2 Cálculo

Existem diferentes implantações de algoritmos para calcular envelopes convexos, a mais conhecida sendo o algoritmo QuickHull, proposto em (BARBER; DOBKIN; HUH-DANPAA, 1996), que possibilita o cálculo de envelopes em espaço N dimensional. Para o propósito deste trabalho, utilizaremos o algoritmo *Graham-Scan* para o cálculo das envoltórias, proposto em (LEE, 1983)

O algoritmo consiste nas seguintes etapas:

1. Definir um ponto P no conjunto de dados que possua a menor coordenada no eixo  $y$
2. Ordenar os pontos remanescentes em ordem crescente de ângulo com o ponto e o eixo  $x$
3. Traçar uma reta entre o ponto P e o primeiro ponto da lista
4. Iterar entre os pontos remanescentes e verificar se, para chegar neles, deve ser feita uma curva no sentido horário ou anti-horário.
5. Caso seja uma curva no sentido horário, deletar os pontos anteriores até que a curva seja no sentido horário.
6. continuar até a finalização do envelope

## 2.2 Definição do fator de reserva

Tendo compreendido o conceito matemático dos envelopes, é preciso compreender o motivo pelo qual estas entidades são utilizadas no contexto de cargas e estruturas.

O fator de reserva (ou  $1 +$  margem de segurança) é uma grandeza crucial para compreender se existe ou não falha em um determinado caso de carga.

Em sua forma mais simplística, o fator de reserva é dado por  $RF = \frac{P_{admissível}}{P_{atuante}}$

Uma forma intuitiva de se pensar no envelope de cargas é que, qualquer caso de carga que estiver compreendido dentro da envoltória definida pelos vértices, sempre estará estruturalmente coberto. Desta forma, a linha externa que delimita o envelope é o contorno de cargas cujo fator de reserva para a estrutura em questão é unitário

Isto ocorre pois em uma envoltória 2D é possível garantir que qualquer ponto no interior do envelope é uma combinação linear dos vetores que ligam a origem aos vértices do envelope.

Para calcular, rigorosamente, o fator de reserva em um determinado caso de carga  $P_{exemplo}$ , em um envelope contendo  $n$  cargas  $P_1, P_2, \dots, P_n$  é necessário minimizar a equação 2.2:

$$RF = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (2.2)$$

Onde  $\alpha_n$  devem ser multiplicados pelos  $P_n$  vetores de cargas presentes no envelope, de forma que a condição da equação 2.3 se mantenha verdadeira

$$P_{exemplo} = \sum_{i=1}^n \alpha_i P_i \quad (2.3)$$

Conforme proposto por (DHARMASAROJA et al., 2021) e (SHESHANARAYANA et al., 2018), pode-se, ao invés de fazer decomposição vetorial, utilizar a relação entre o tamanho de um vetor de carga e sua intersecção com o envelope para determinar o fator de reserva.

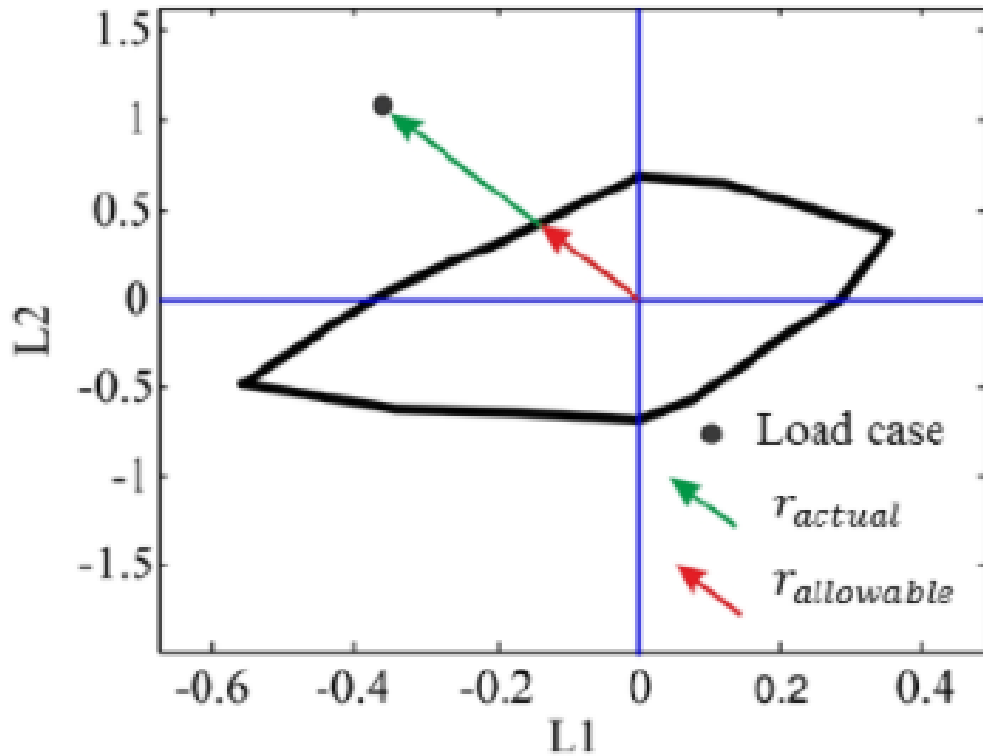


Figura 4 – Método de cálculo de fator de reserva Fonte: (SHESHANARAYANA et al., 2018)

Assim temos que:

$$RF = \frac{P_{allowable}}{P_{actual}} \quad (2.4)$$

Utilizando este método, podemos reduzir sensivelmente o tempo necessário para calcular o fator de reserva quando comparado à solução de otimização numérica.

Um exercício possível para comparar os 2 métodos é utilizar o módulo *Solver* do *Microsoft Excel* para calcular o fator de reserva de um envelope qualquer

### 2.3 Iteração Cargas-Estruturas

Dentro do contexto da indústria aeronáutica, seja no projeto de uma nova aeronave ou na modificação de uma aeronave já existente, é de extrema importância que ocorra iteração entre as áreas de cargas e de estruturas.

A iteração destas disciplinas garante que mudanças nos níveis de carga sofridos pela aeronave sempre estejam refletidas no dimensionamento estrutural e, caso haja uma modificação estrutural que afete as cargas na aeronave ( e.g. instalação de provisões ou aumento de rigidez de componentes), estas sempre venham acompanhadas de novas

análises que estarão refletidas nos manuais de certificação da aeronave (LCMs). O processo de análise de cargas e validação da estrutura da aeronave pode ocorrer em 3 momentos distintos da vida de um projeto aeronáutico:

1. Na criação de uma nova aeronave
2. Na modificação ou derivação de uma aeronave já existente para uma nova família utilizando componentes comunais
3. Investigação de excedências estruturais no caso de incidentes ou acidentes leves

O foco do presente trabalho é explorar a segunda e a terceira situação, viabilizando um processo muito mais rápido e menos moroso de avaliação de excedências.

Nos casos descritos o processo de cálculo de cargas ocorre da seguinte maneira:

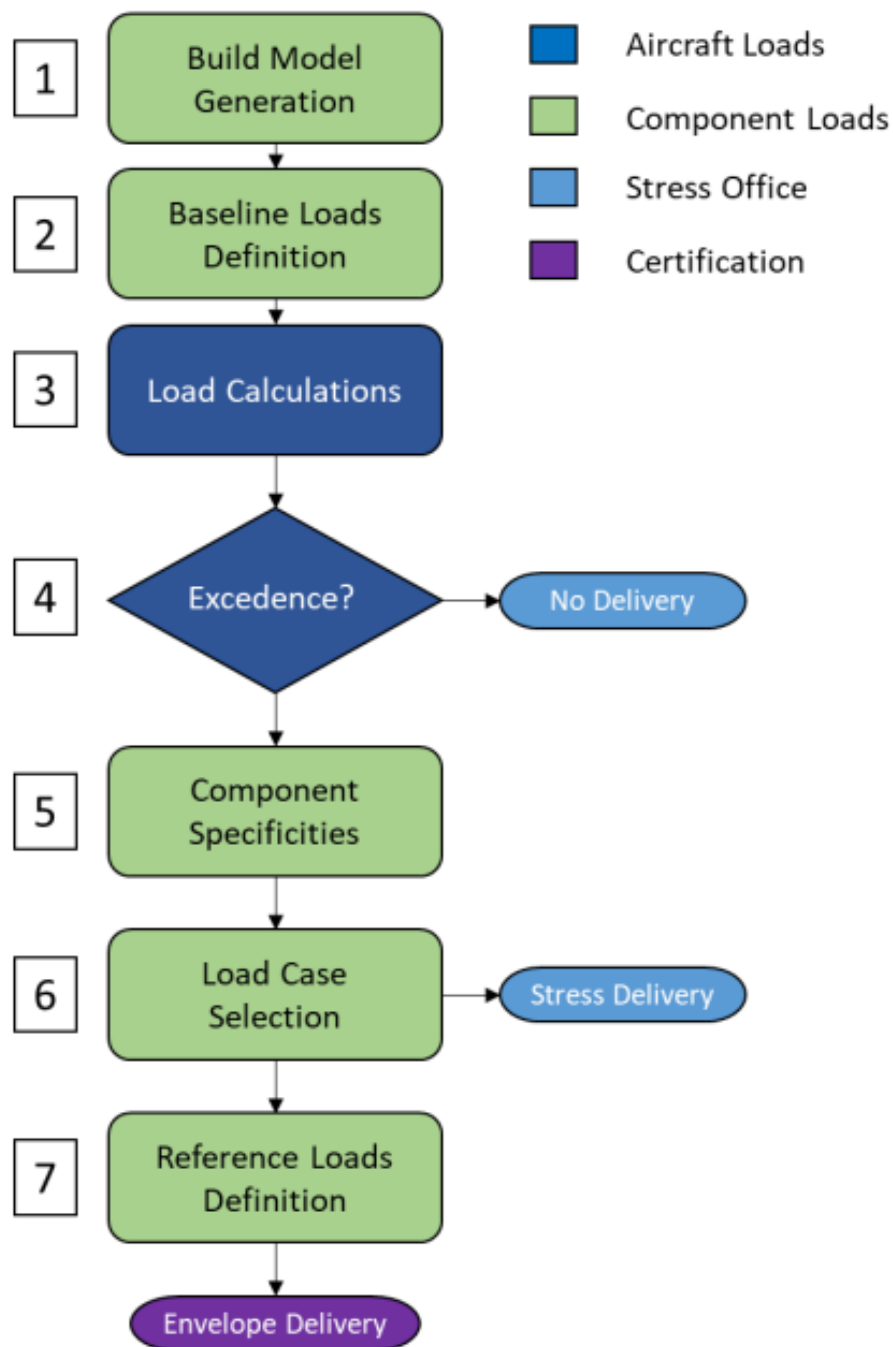


Figura 5 – Processo de Cálculo de Cargas para novas variantes de aeronaves

Basicamente o processo ocorre em 4 macro etapas:

1. É gerado um modelo de cargas/estruturas com base na aeronave anterior em desenvolvimento, bem como são recebidas as cargas às quais àquela aeronave base foi certificada (aqui chamadas de baseline loads)
2. São feitos os cálculos de cargas para a nova variante da aeronave, aplicados fatores específicos para cada componente
3. Caso sejam verificadas excedências de carga em relação às cargas baseline, os casos



- de carga excedentes são selecionados e repassados para análise do time de estruturas
4. As novas cargas calculadas são adicionadas aos envelopes já existentes para gerar os envelopes de certificação e os envelopes completos que serão passados como baseline para futuros projetos

Como mostra a figura 6, a seguir, este procedimento utilizado gera retrabalho no longo prazo. Isto pois a estrutura da aeronave só é testada até, no máximo, a carga calculada. Caso fosse utilizado o envelope de justificação estrutural como base de cálculo, a análise do caso de carga adicional seria desnecessária

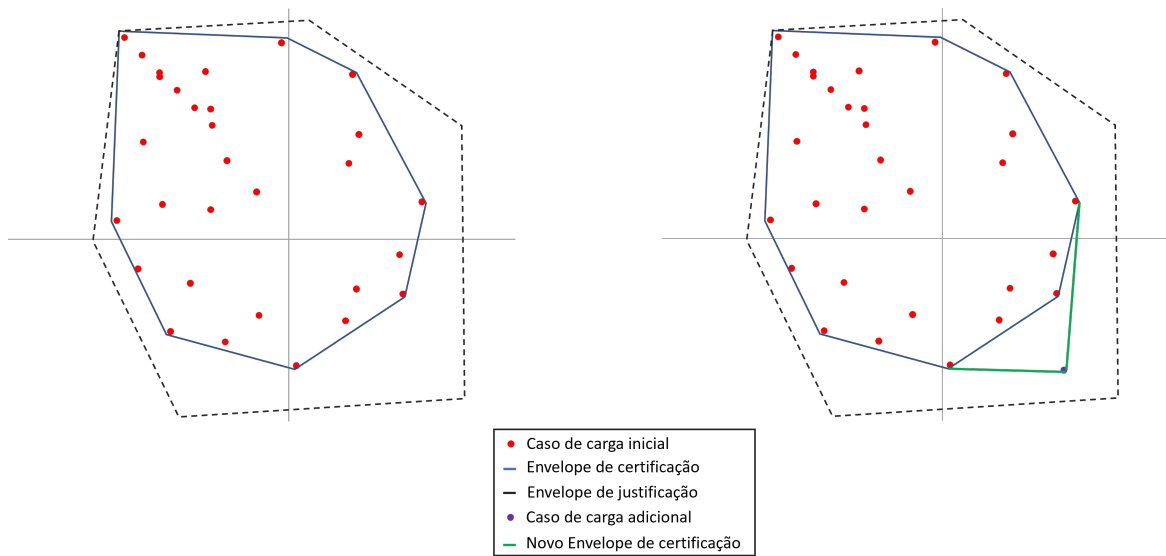


Figura 6 – Evolução do envelope de certificação

## 2.4 Método da idealização estrutural

Para a avaliação das tensões atuantes na estrutura analisada, será usado o método proposto por (MEGSON, 2017), que faz uso de uma discretização e idealização da estrutura em questão em 2 componentes: As paredes - as quais são responsáveis por suportar apenas esforços de cisalhamento na estrutura - e reforçadores, responsáveis por suportar apenas esforços de cisalhamento. À modelagem proposta adiciona-se apenas uma ponderação de módulos de elasticidade ( $E_{11}$  e  $G$ ), visto que a seção de asa da aeronave a ser analisada é composta por diferentes materiais. Na figura 7 temos demonstrada uma idealização de caixão de asa com revestimento trabalhante e *stringers*:

O primeiro passo da abordagem é a idealização da seção propriamente dita, aonde transformamos uma casca continua de revestimento em uma casca sem espessura, resistente apenas ao cisalhamento e 2 reforçadores nas pontas das seções. Para tal é utilizado o equilíbrio diferencial da seção, conforme mostrado na figura 8

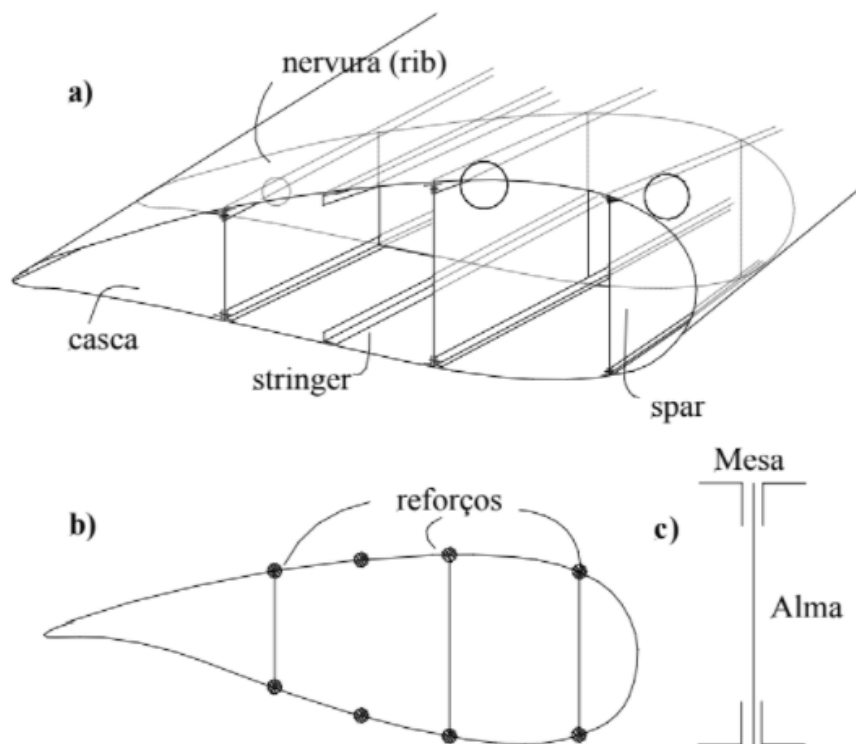


Figura 7 – Idealização de um caixão de asa. Fonte: Adaptado de (PROENCA, 2021)

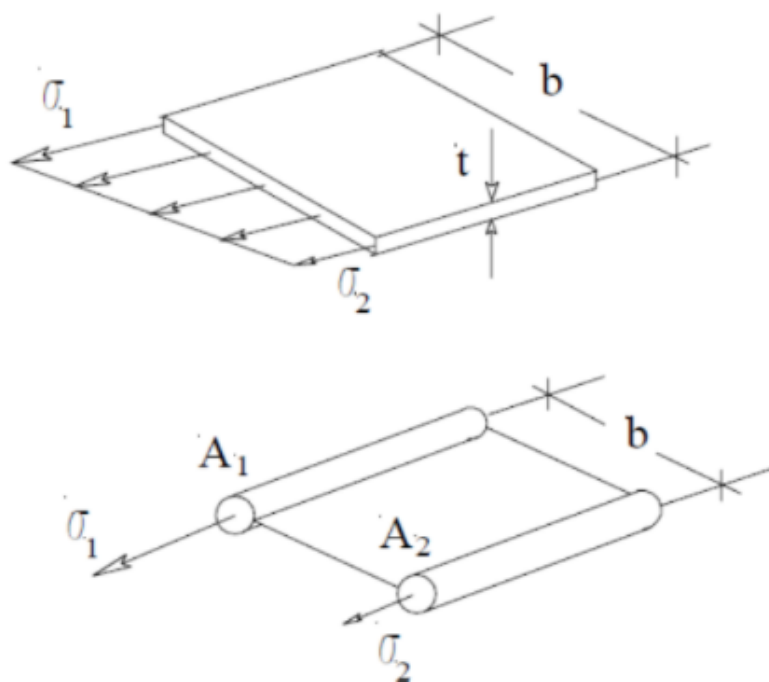


Figura 8 – Equilíbrio diferencial de uma parede de seção contínua. Fonte: Adaptado de (PROENCA, 2021)

Do equilíbrio diferencial podemos retirar as seguintes equações para as áreas equivalentes dos reforçadores idealizados:

Assim temos que:

$$A_1 = \frac{tb}{6} \left( 2 + \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) \quad (2.5)$$

$$A_2 = \frac{tb}{6} \left( 2 + \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \right) \quad (2.6)$$

Aonde as tensões  $\sigma$  são função apenas da geometria da seção e combinação de cargas utilizadas. Além das contribuições do revestimento, caso haja um reforçador pontual em algum local da seção, a área do mesmo deve ser adicionada à área dos reforçadores equivalentes. Note que, para materiais distintos, iremos utilizar, ao invés da área pura, uma multiplicação da área por seu módulo de elasticidade, para ponderar os efeitos das diferenças de material ao longo da estrutura.

Após a idealização da seção e cálculo das áreas equivalentes, partimos para o cálculo do equilíbrio dos esforços solicitantes, fluxos de cisalhamento e tensões normais na estrutura. Para o cálculo deste equilíbrio, como proposto em (MEGSON, 2017), teremos um sistema de equações  $N \times N$ , aonde temos  $N-1$  equações definidas pelo equilíbrio de momentos gerados pelos fluxos de cisalhamento e das cortantes e momentos torsores na seção. As outras equações advém do equilíbrio de forças nos eixos coordenados da seção. Na forma matricial, para uma seção com uma célula apenas temos o seguinte (supondo avaliação apenas do eixo x, por exemplo):

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ 1 & 0 & \cdots & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \\ \vdots \\ q_{n-1} \\ q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_x}{I_x} M_{S_1} \\ \frac{V_x}{I_x} M_{S_2} \\ \vdots \\ \frac{V_x}{I_x} M_{S_{n-1}} \\ \frac{V_x}{I_x} M_{S_n} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

A outra equação que completa o sistema é a igualdade de forças, que pela definição é dada por:

$$d\vec{F} = q * d\vec{s} \quad (2.8)$$

Para o cálculo das tensões, nosso objetivo final aqui, basta utilizar as fórmulas de flexão geral de mecânica dos sólidos dados na equação 2.9 e, no caso das forças normais e, para o cisalhamento, usamos a definição do fluxo de cisalhamento da equação 2.10

$$\sigma_z(y) = E(y) \left( \frac{M_z z \sum EI_{yy} - M_y y \sum EI_{yz}}{\sum EI_{yy} \sum EI_{zz} - (\sum EI_{yz})^2} y + \frac{M_y y \sum EI_{zz} - M_{zz} \sum EI_{yz}}{\sum EI_{yy} \sum EI_{zz} - (\sum EI_{yz})^2} z \right) \quad (2.9)$$

$$\tau_n = q_n / t_n \quad (2.10)$$

Aonde  $t$  denota a espessura do segmento discreto avaliado.

Toda a modelagem estrutural foi implementada em *Matlab*, com módulos de visualização e simulação para melhor avaliar os resultados obtidos. O código fonte consta no apêndice deste trabalho [A](#)

### 3 DEFINIÇÃO DAS CARGAS E ESTRUTURA PARA ANÁLISE

#### 3.1 Aeronave

Para a avaliação de cargas foi utilizada a aeronave EESC-USP Aerodesign *Charlie* 2019, participante da categoria Advanced da competição SAE Brasil Aerodesign 2019.



Figura 9 – Aeronave EESC USP Charlie 2019

##### 3.1.1 Dados da aeronave

A aeronave em questão foi desenvolvida para competir na classe advanced, aonde possuía tração máxima limitada. Por este motivo, é uma aeronave com alto alongamento e grande comprimento de cauda. Na tabela 2 estão elencadas algumas informações geométricas e de desempenho da aeronave:

Parâmetro	Valor	Unidade
Envergadura	4.1	Metros
Alongamento	12.9	-
Carga Alar	16	$Kg/m^2$
Velocidade Máxima	24.9	m/s
MTOW	20.80	Kg
Área de asa	1.3	$m^2$
$n_{max}$ Manobra	2	-

Tabela 2 – Dados da aeronave analisada

### 3.1.2 Diagrama V-N

Para esta aeronave, o dimensionamento estrutural foi feito com base em um envelope de voo estatístico, utilizando dados de telemetria de ensaios em voo conduzidos ao longo do ano de 2019. O resultado final deste envelope é dado na figura 10:

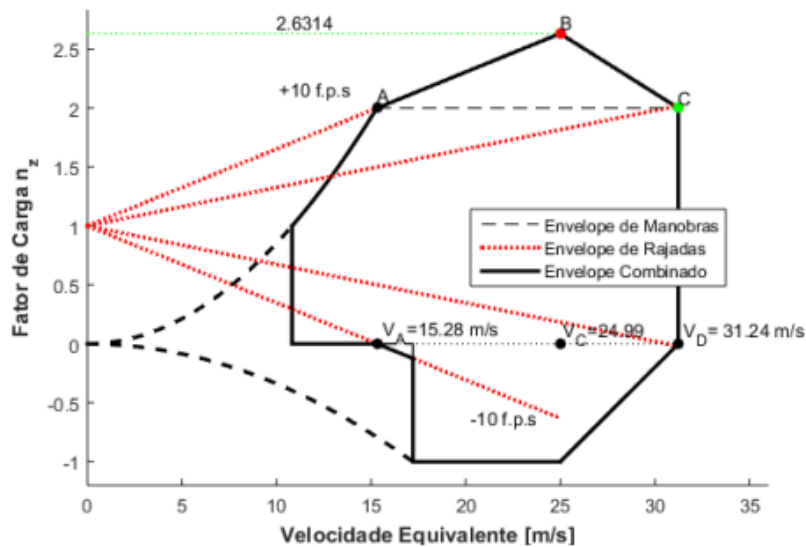


Figura 10 – Diagrama V-N

O diagrama V-N para diferentes TOWs foi discretizado em 500 pontos, 10 no eixo de fator de carga e 50 discretizados na velocidade. Vale notar que, por voar muito próxima ao solo, o diagrama V-N não possui seção com fator de carga negativo.

Vale notar que, no contexto desta aeronave, cada TOW possui um posicionamento distinto de centro de gravidade para a aeronave. Por se tratar de uma avaliação de cargas na asa, a variação de centro de gravidade não interfere sensivelmente o nível de cargas, porém, quando avaliados componentes como estabilizadores horizontais, fuselagens ou trens de pouso, a variação do CG pode afetar extensivamente as cargas nestes componentes, sendo necessária uma avaliação completa das combinações de TOW e CG compreendidas no diagrama de carregamento da aeronave.

## 3.2 Cargas na Asa

As cargas na asa foram calculadas utilizando a discretização do envelope citada acima. Em cada condição a aeronave foi considerada em equilíbrio e foram calculadas as matrizes de estado da mesma.

O sistema de eixos adotados está fixado à aeronave e pode ser visto na figura abaixo:

Tendo em mãos os resultados das matrizes de coeficientes aerodinâmicos e as matrizes de massa da aeronave, foi possível calcular as cargas aerodinâmicas e inerciais.

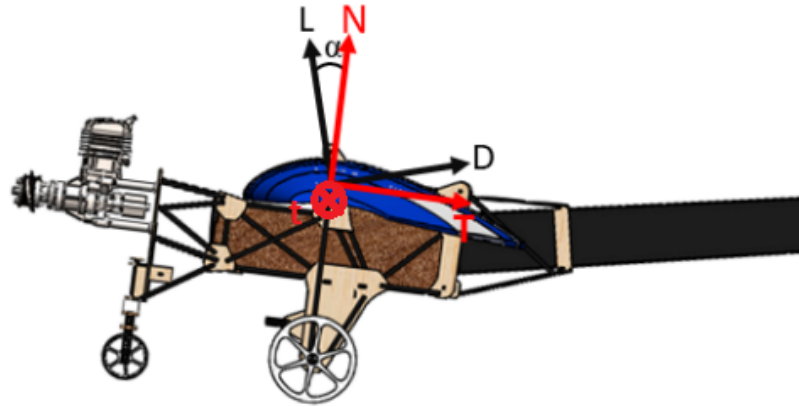


Figura 11 – Convenção de eixos adotada

para a sumarização das cargas foi utilizada integração numérica da ponta até a raiz da asa, dado que a asa não possui descontinuidades. Além disto, a asa foi dividida em 30 seções por cada semi-envergadura, aonde são aplicadas as cargas aerodinâmicas e inerciais.

No total foram avaliados 2020 casos de carga para a aeronave, entre rajada e manobra, em 4 TOW's distintos.

O objeto de estudo deste trabalho é a seção da raiz da asa, para a qual serão geradas 2 envoltórias de cargas:

1. Envoltória  $V_n \times M_t$  cujas grandezas regem o fenômeno de cisalhamento do revestimento e alma da asa
2. Envoltória  $MF_N \times M_t$  cujas grandezas regem o fenômeno de cisalhamento do revestimento e alma da asa

Para o envelope  $V_N \times M_t$ , 12 casos de carga delimitaram o envelope, já para  $MF_N \times MF_T$ , foram 16 vértices na envoltória.

### 3.2.1 Envelope $V_N \times M_t$

A seguir está plotado o envelope de cargas de cortante por momento torsor na raiz da asa da aeronave. Os casos de carga vermelhos representam rajadas e os casos de carga verdes representam manobras.

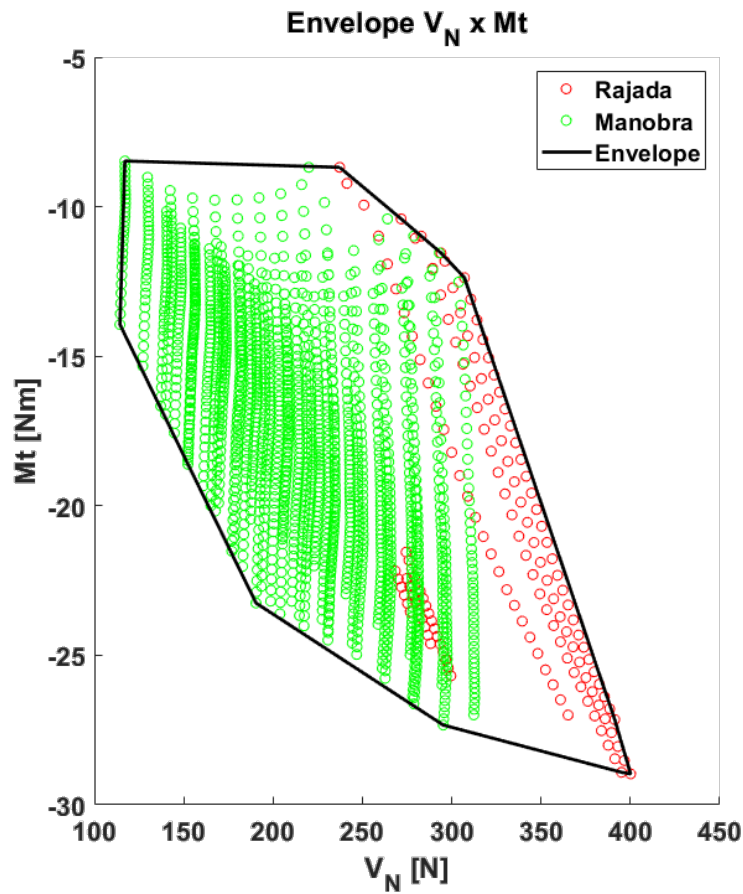


Figura 12 – Envelope  $V_N \times M_t$

Os casos de carga no limite da envoltória foram elencados e estão dispostos na tabela 3

Caso de Carga	$V_N$ [N]	$M_t$ [Nm]	TOW [Kg]	V [m/s]	n [-]	Tipo de Carga
LC 0001	237,239	-8,682	15,600	13,250	2,160	Rajada
LC 0151	117,060	-8,470	15,600	13,250	1,000	Manobra
LC 0178	114,287	-13,938	15,600	24,180	1,000	Manobra
LC 0286	152,365	-18,613	15,600	27,949	1,333	Manobra
LC 0425	190,464	-23,254	15,600	31,238	1,667	Manobra
LC 1523	295,226	-27,334	19,760	30,688	2,000	Manobra
LC 0058	395,013	-28,914	18,720	24,800	2,811	Rajada
LC 0094	400,127	-28,967	19,760	24,550	2,699	Rajada
LC 0133	391,235	-27,151	20,800	23,000	2,515	Rajada
LC 0105	307,122	-12,373	20,800	15,547	2,024	Rajada
LC 0104	294,000	-11,547	20,800	15,281	2,006	Rajada
LC 0029	271,691	-10,407	18,720	14,507	2,059	Rajada

Tabela 3 – Casos de Carga  $V_N \times M_t$



### 3.2.2 Envelope $MF_N \times MF_T$

A seguir está plotado o envelope de cargas de Momento fletor no eixo tangencial por momento fletor no eixo normal raiz da asa da aeronave. Os casos de carga vermelhos representam rajadas e os casos de carga verdes representam manobras.

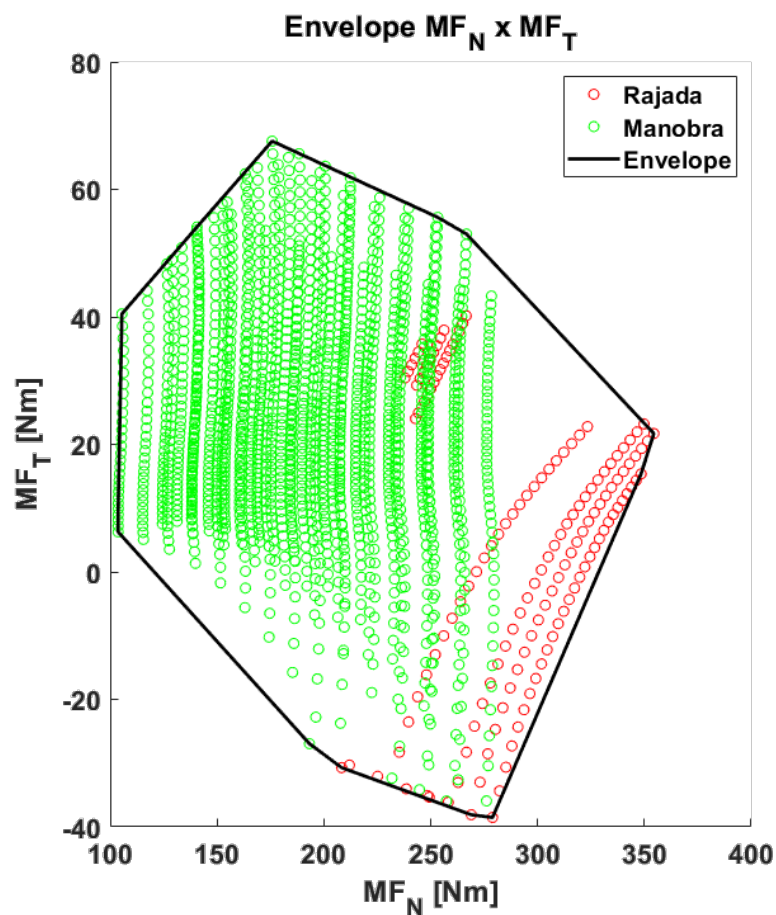


Figura 13 – Envelope  $MF_N \times MF_T$

Os casos de carga no limite da envoltória foram elencados e estão dispostos na tabela [4](#)

Caso de Carga	$MF_N$ [N]	$MF_T$ [Nm]	TOW [Kg]	V [m/s]	n [-]	Tipo de Carga
LC 0001	208,326	-30,718	15,600	13,250	2,160	Rajada
LC 0066	268,965	-38,103	19,760	15,235	2,054	Rajada
LC 0105	278,924	-38,528	20,800	15,547	2,024	Rajada
LC 0133	348,439	15,366	20,800	23,000	2,515	Rajada
LC 0094	354,416	21,704	19,760	24,550	2,699	Rajada
LC 1523	266,741	52,990	19,760	30,688	2,000	Manobra
LC 1043	253,312	55,609	18,720	31,000	2,000	Manobra
LC 0425	175,796	67,572	15,600	31,238	1,667	Manobra
LC 0286	140,630	54,111	15,600	27,949	1,333	Manobra
LC 0178	105,488	40,467	15,600	24,180	1,000	Manobra
LC 0156	103,794	10,761	15,600	15,274	1,000	Manobra
LC 0155	103,771	9,905	15,600	14,869	1,000	Manobra
LC 0154	103,748	9,010	15,600	14,464	1,000	Manobra
LC 0153	103,730	8,111	15,600	14,060	1,000	Manobra
LC 0151	103,711	6,266	15,600	13,250	1,000	Manobra
LC 0526	193,242	-26,957	15,600	13,250	2,000	Manobra

Tabela 4 – Casos de Carga  $MF_N$  x  $MF_T$

### 3.3 Estrutura da asa

A estrutura da aeronave foi concebida para suportar as cargas calculadas, porém, na condição *Ultimate*. Por este motivo, a estrutura será redimensionada para que seu envelope de justificação estrutural tangencie os envelopes de cargas fornecidos em condição limite - o que representa o caso com menor ganho marginal na metodologia proposta.

A estrutura da asa da aeronave EESC-USP Charlie 2019 é composta por uma longarina principal apenas, cuja alma é confeccionada em *Rohacell*® e as mesas em carbono pultrudado. Abaixo é possível visualizar a concepção estrutural através do desenho em CAD da aeronave e um corte da seção transversal da asa

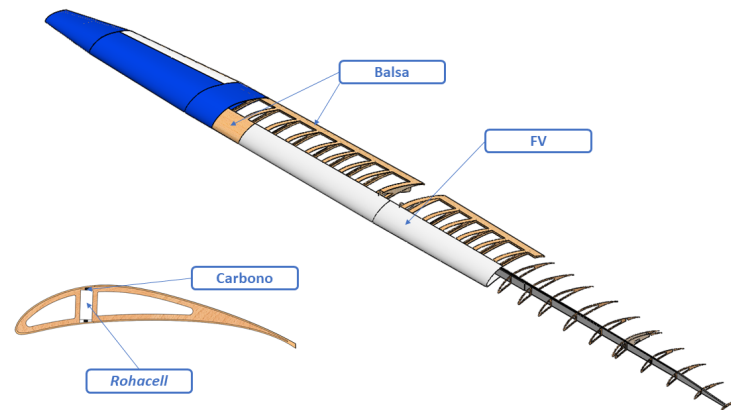


Figura 14 – Concepção estrutural da asa

Para resistir aos esforços de torção, a longarina possui uma célula fechada na geometria do bordo de ataque da asa, composta por um revestimento de madeira balsa laminada com fibra de vidro. Os materiais aqui apresentados foram assumidos como sendo isotrópicos, por simplicidade de modelagem e suas propriedades estão descritas na tabela 5

Material	$\sigma$ [MPa]	$\tau$ [MPa]	E [MPa]	G [MPa]
Carbono pultrudado	2000	35	83934	-
Rohacell XT 71	2.2	1.40	105	43
Balsa	6	2	1500	80
Laminado de FV	106	136.5	8000	3000

Tabela 5 – Propriedades - Materiais utilizados

Com as propriedades dos materiais e os casos de cargas em mãos, foi possível prosseguir para o dimensionamento da estrutura da asa da aeronave, demonstrada no capítulo 4



## 4 CÁLCULO DA ESTRUTURA E FATORES DE RESERVA

Utilizando os dados do capítulo anterior, foi possível simular e dimensionar a estrutura da asa de forma que o fator de reserva associado aos envelopes de carga fosse o menor possível.

O critério de falha utilizado foi o critério de máxima tensão (normal e de cisalhamento) que possibilita a avaliação desacoplada dos diagramas de momentos fletores e de cortante e cisalhamento devido à natureza destes esforços. Vale ressaltar que diferentes critérios de falha irão requerer diferentes combinações de esforços para serem avaliados: Se utilizado, por exemplo, o critério de Von Mises, seria necessário que o envelope de cargas fosse constituído em 4 dimensões ( $MF_T$ ,  $MF_N$ ,  $M_T$ ,  $V_N$ , aumentando a complexidade do problema.

A discretização da estrutura foi feita utilizando-se 57 segmentos no revestimento e 3 segmentos na alma, como mostra a figura 15

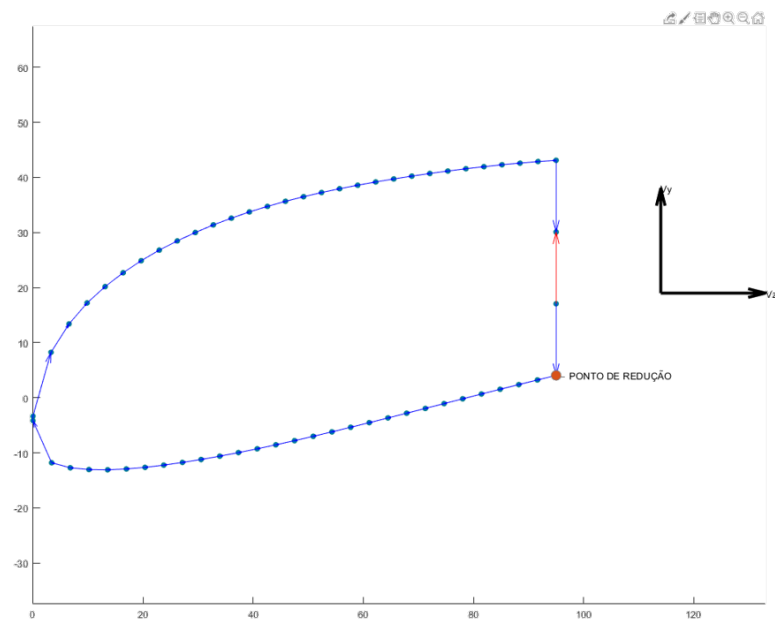


Figura 15 – Idealização da estrutura

Após diversas simulações e iterações de parâmetros da estrutura, foi possível encontrar uma combinação estrutural que proporcionou um fator de reserva mínimo de 1.012. Neste caso temos o envelope de justificação teoricamente tangente ao envelope de cargas neste ponto.

Devido ao fato das mesas serem confeccionadas de um material cuja resistência é ordens de grandeza superior àquela do restante dos materiais empregados, a avaliação de

seu fator de reserva não foi feita.

#### 4.1 Dimensionamento

Para o dimensionamento, foi minimizado o fator de reserva, restrito à inexistência de falha estrutural. Ao final das iterações foram obtidos os fatores de reserva constantes na tabela 6, que foram resumidos em seus menores valores na tabela 7

Caso	Revestimento			Alma		
	Tração	Compressão	Cisalhamento	Tração	Compressão	Cisalhamento
LC0001	1,68	2,18	3,26	12,74	11,62	2,01
LC0151	4,37	3,46	4,07	22,76	23,82	3,50
LC0178	3,79	2,18	2,72	19,09	24,18	3,00
LC0286	2,84	1,63	2,04	14,32	18,14	2,25
LC0425	2,28	1,30	1,63	11,45	14,51	1,80
LC1523	1,61	1,10	1,33	8,24	9,39	1,28
LC0058	1,29	1,02	1,20	6,73	7,07	1,01
LC0094	1,28	1,01	1,19	6,66	6,97	1,01
LC0133	1,31	1,06	1,26	6,83	7,08	1,06
LC0105	1,28	1,62	2,37	9,46	8,69	1,53
LC0104	1,38	1,76	2,51	10,23	9,39	1,60
LC0029	1,48	1,90	2,77	11,09	10,15	1,74
LC0066	1,32	1,69	2,47	9,83	9,01	1,58
LC1043	1,68	1,13	1,37	8,59	9,91	1,35
LC0156	4,29	3,25	3,78	22,23	23,90	3,40
LC0155	4,30	3,29	3,83	22,33	23,89	3,41
LC0154	4,32	3,33	3,89	22,44	23,87	3,43
LC0153	4,33	3,38	3,95	22,54	23,86	3,45
LC0526	1,84	2,34	3,35	13,67	12,54	2,14

Tabela 6 – Fatores de reserva para cada componente

Caso de Carga	Fator de Reserva	Modo de Falha
LC0001	1,68	Tração Revestimento
LC0151	3,46	Compressão Revestimento
LC0178	2,18	Compressão Revestimento
LC0286	1,63	Compressão Revestimento
LC0425	1,30	Compressão Revestimento
LC1523	1,10	Compressão Revestimento
LC0058	1,01	Cisalhamento Alma
LC0094	1,01	Cisalhamento Alma
LC0133	1,06	Compressão Revestimento
LC0105	1,28	Tração Revestimento
LC0104	1,38	Tração Revestimento
LC0029	1,48	Tração Revestimento
LC0066	1,32	Tração Revestimento
LC1043	1,13	Compressão Revestimento
LC0156	3,25	Compressão Revestimento
LC0155	3,29	Compressão Revestimento
LC0154	3,33	Compressão Revestimento
LC0153	3,38	Compressão Revestimento
LC0526	1,84	Tração Revestimento

Tabela 7 – Resumo Fatores de reserva

Como forma de ilustrar a análise conduzida, encontram-se plotados os resultados referentes a análise do caso de carga LC0094, que teve o menor fator de reserva entre todos.

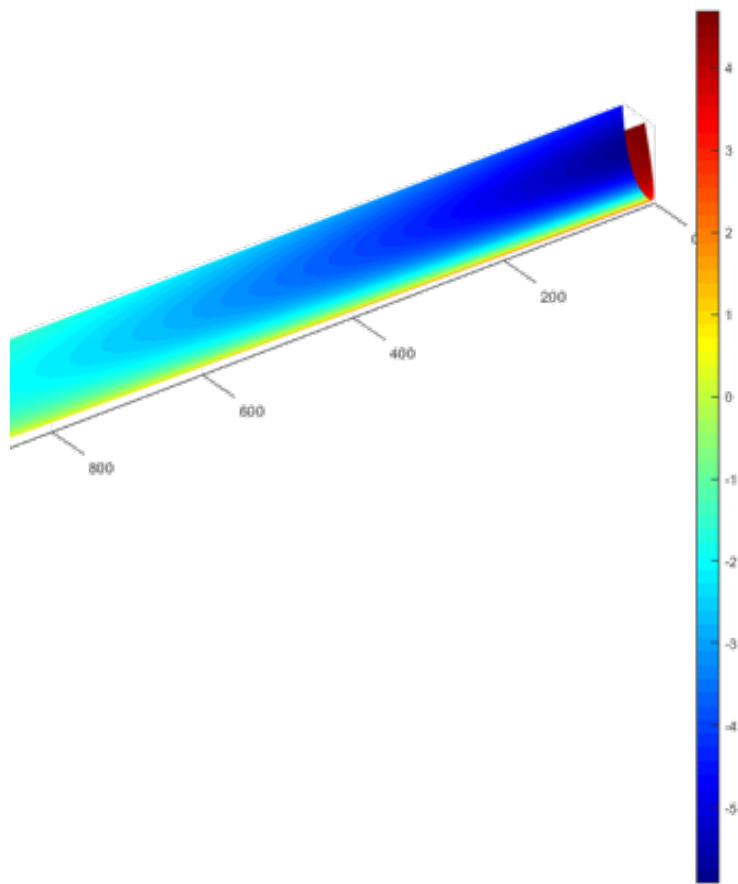


Figura 16 – Tensão Normal Revestimento

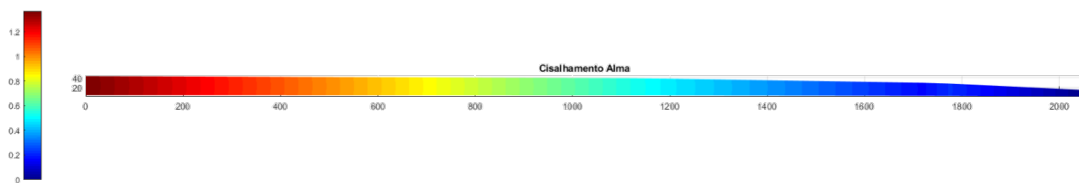


Figura 17 – Tensão de cisalhamento na alma

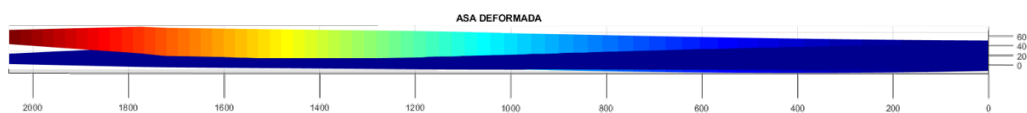


Figura 18 – Asa deformada



## 4.2 Cálculo dos fatores de reserva à cargas unitárias

Para o cálculo dos fatores de reserva à cargas unitárias, será necessário definir a discretização angular que será utilizada. Por motivo de simplicidade iremos dividir um círculo unitário em 900 partes iguais. As cargas unitárias utilizadas serão: Momentos de 1Nm e cortantes de 1N para o dimensionamento dos fatores de reserva. A figura 19 demonstra visualmente a disposição dos casos de carga que serão avaliados em cada um dos envelopes:

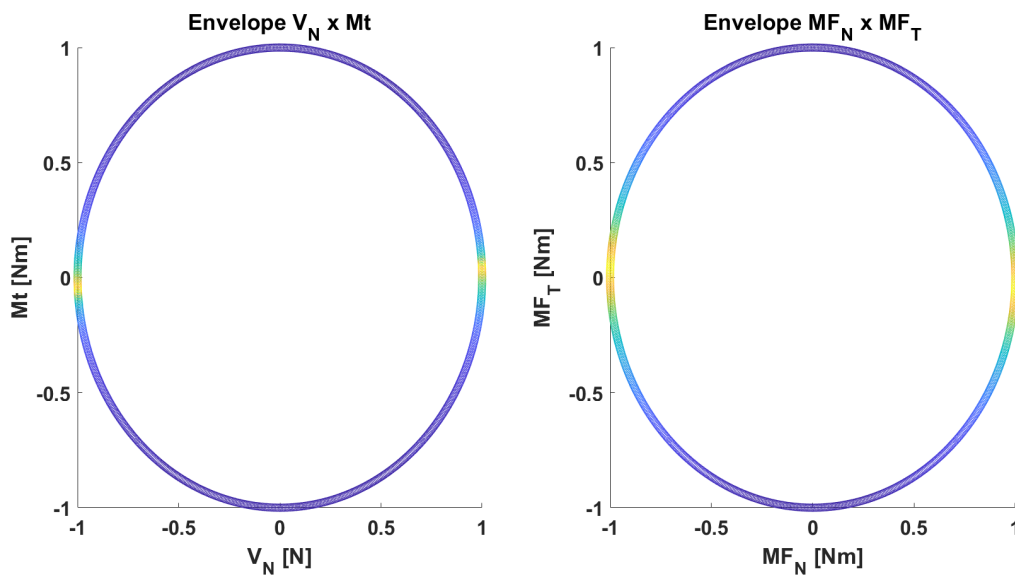


Figura 19 – Cargas Unitárias

Vale notar que, por motivos de visualização e de poder computacional, serão feitas simulações segregadas entre casos de carga que regem o cisalhamento e a flexão. A forma mais completa de se conduzir a simulação seria utilizando um envelope de cargas 4D, porém, conforme ressaltado em 1.3.1, para este caso em particular, seriam necessárias aproximadamente 130 mil simulações.

Foram feitas, no total, 1800 simulações: 900 para os casos de cisalhamento e 900 para os casos de flexão. Os resultados completos estão no apêndice B

A partir dos resultados foram plotados 2 diagramas, um deles mostrando o modo de falha preferencial em cada setor do círculo unitário e outro revelando as direções de menor resistência estrutural

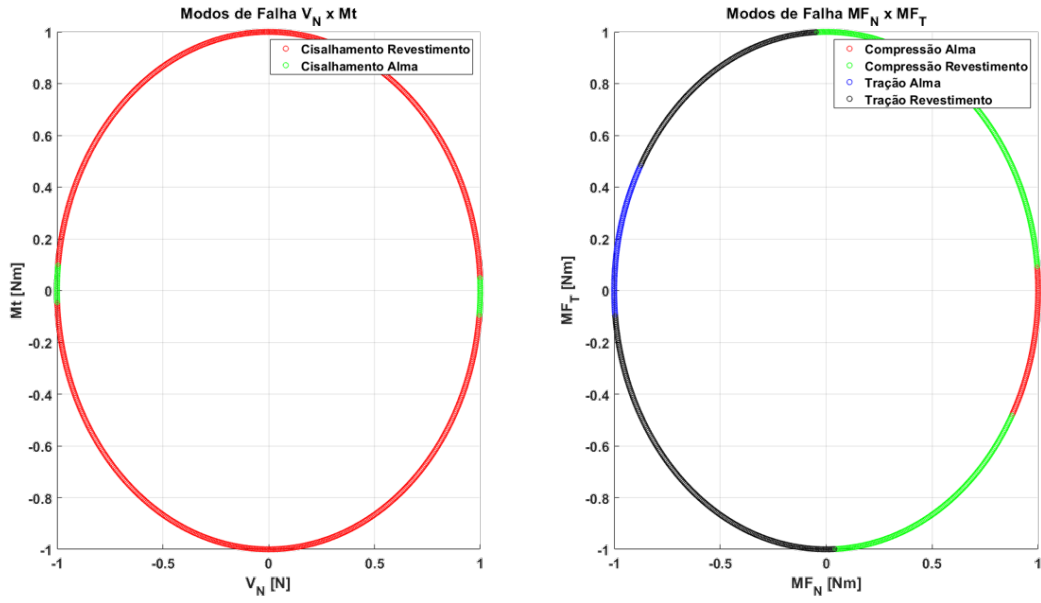


Figura 20 – Modos de Falha Preferenciais

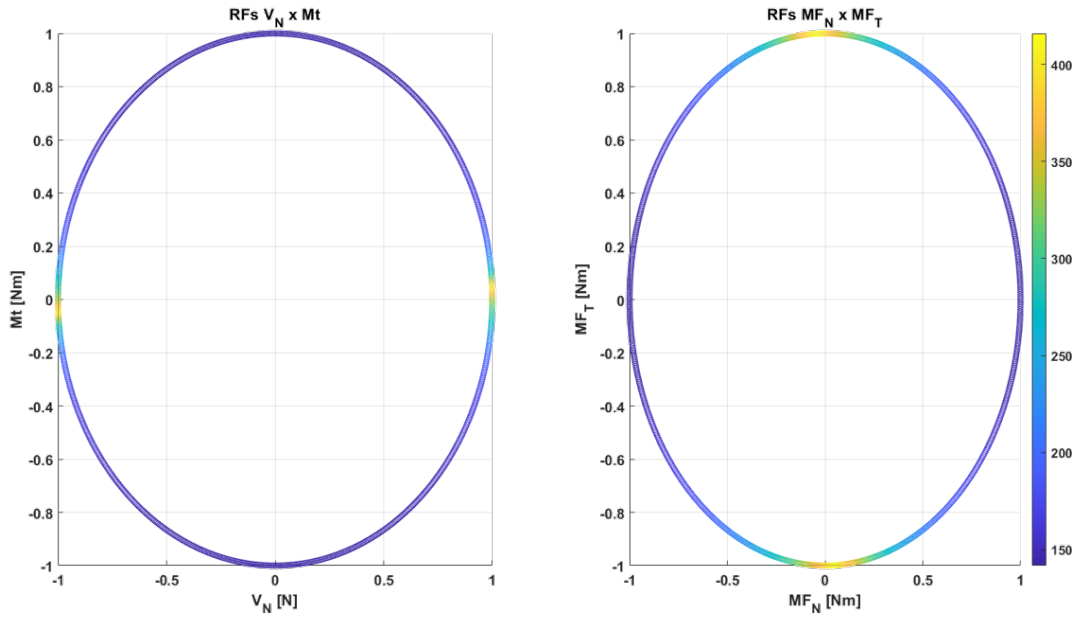


Figura 21 – Fatores de reserva Unitários

Vale notar que o comportamento dos modos de falha está coerente com a resposta física esperada, bem como a orientação dos maiores fatores de reserva. Também é importante notar que o valor numérico dos fatores de reserva é muito elevado (entre 150 e 400), devido ao fato da ordem de grandeza dos esforços para os quais a estrutura foi dimensionada (e.g. centenas de Nm para momentos fletores) ser muito superior a carga unitária avaliada.

Espera-se que a estrutura seja mais resistente à flexão no eixo tangencial (gerada por forças no eixo normal) pois é a orientação na qual as mesas (componentes mais rígidos da estrutura) estão mais distantes do CG da seção

Tendo gerado os dados de fator de reserva às cargas unitárias, basta apenas aplicar a transformação conforma com os valores do fator de reserva aos vetores de carga para obter o envelope final de justificação estrutural da aeronave.



## 5 ENVELOPE DE JUSTIFICAÇÃO

Tendo em mão os fatores de reserva para cada ângulo do envelope de cargas, a elaboração do envelope de justificação é relativamente simples.

Utilizamos a transformada inversa ao proposto em (SHESHANARAYANA et al., 2018), aonde temos o fator de reserva e a carga atuante, nesse contexto, basta multiplicá-los para obter a carga admissível.

Ao final do procedimento foram transformados os envelopes mostrados nas figuras 22 e 23

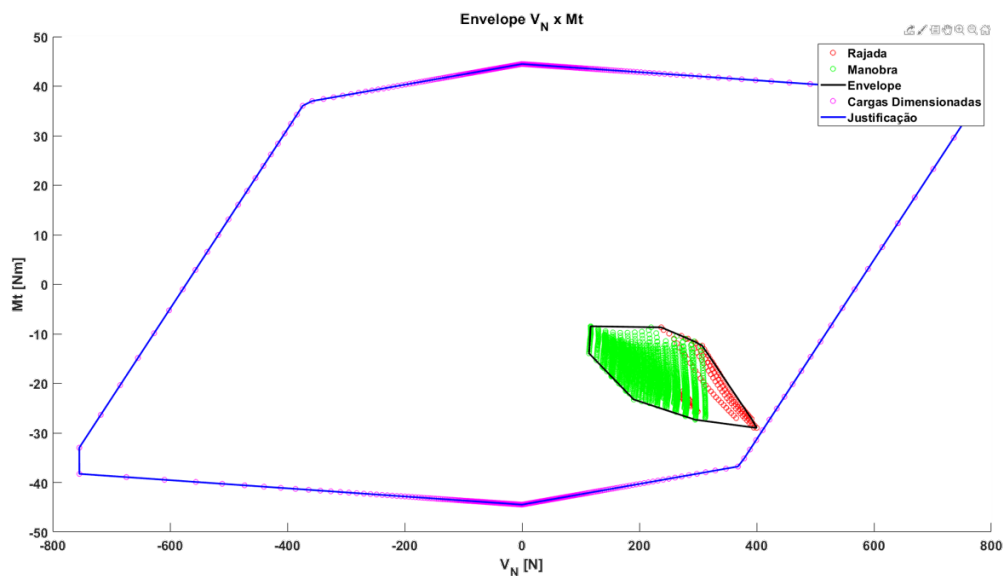


Figura 22 – Envelope de Justificação  $V_N \times M_t$

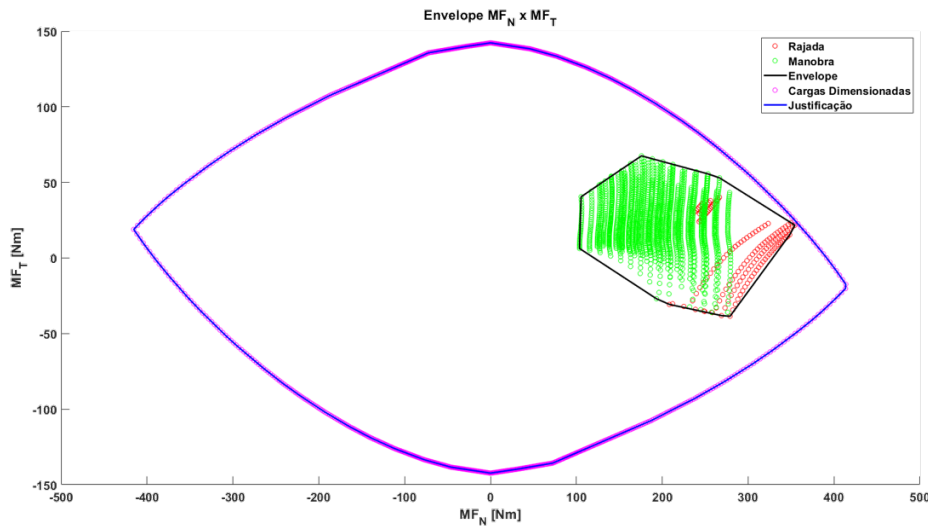


Figura 23 –  $MF_N \times MF_T$

Como se pode ver, o envelope de justificação apontado é sensivelmente maior do que o envelope de cargas da aeronave. Isto indica que a estrutura possui um dimensionamento que, para satisfazer os requisitos de resistência de um caso de carga em específico, deve ser superdimensionada em diversos outros casos de carga

Como forma de verificar a consistência dos resultados, foi avaliado o caso de carga de menor RF em cada um dos envelopes: LC0094. Para o caso do envelope  $MF_N \times MF_T$  o Fator de reserva foi 1.025 e 1.01 para  $V_N \times M_t$ . Os erros para este caso de carga foram respectivamente 1.4% e 0.1%

Com relação à ampliação da área do envelope de justificação, houve um aumento muito considerável comparativamente ao envelope inicial, porém, para não criar uma comparação irreal, devido ao fato do envelope original não contemplar cargas com fator de carga negativo, iremos comparar o aumento de área de envelope somente na direção do envelope já existente. Esta área adicional está mostrada na figura 24 como a área pintada de vermelho semi-transparente

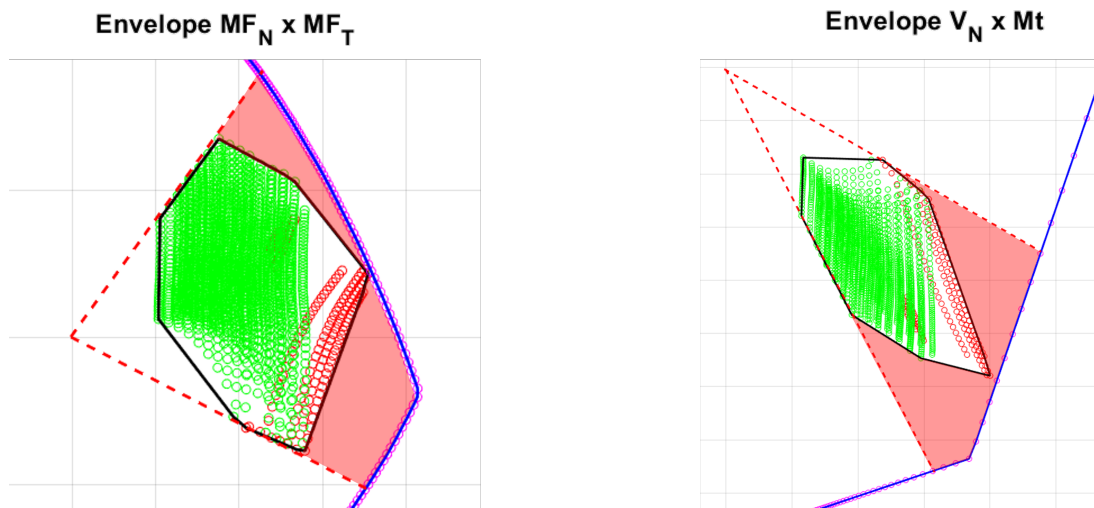


Figura 24 – Áreas adicionais do envelope

Após calcular as áreas dos polígonos obteve-se o seguinte resultado:

- Aumento de 66% da área coberta pelo envelope  $V_N \times M_t$
- Aumento de 43% na área coberta pelo envelope  $MF_N \times MF_T$

Estes resultados levam adiante uma possibilidade extremamente interessante de se expandir a capacidade estrutural das aeronaves antes mesmo da necessidade para tal existir.

Outro ponto interessante que surgiu na apresentação dos resultados foi o formato aparentemente "facetado" dos envelopes, especialmente no caso do envelope  $V_N \times M_t$ , já que não existe nenhuma justificativa matemática para tal comportamento. Para elaborar melhor a justificativa será necessário estudo posterior, porém o padrão geométrico trás semelhanças com as linhas dos modos de falhas trazidos por (DHARMASAROJA et al., 2021).





## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho serviu primeiramente como base para avaliar a viabilidade e o sentido de estudos futuros no tema de justificação estrutural. Buscou-se trazer um exemplo de aeronave e estrutura real, mesmo que em um escopo reduzido, para verificar se as hipóteses se sustentavam ao longo do trabalho

Após Validado o dimensionamento da estrutura, foram calculados os envelopes unitários utilizando os programas computacionais desenvolvidos (disponibilizados no apêndice deste trabalho) e calculados os fatores de reserva. Nesta etapa foi primordial selecionar corretamente a discretização do envelope e o número total de simulações a serem feitas de forma a não prejudicar a acuracidade dos resultados e, ao mesmo tempo não onerar excessivamente recursos computacionais.

Por fim, o envelope unitário foi submetido à transformação conforme cuja base foi dada pelo fator de reserva em cada ponto, gerando o envelope de justificação estrutural final.

O envelope transformado final apresentou área total muito superior àquela dos envelopes iniciais, mesmo avaliando apenas o quadrante que já continha o envelope de cargas inicial. Este dado corrobora com a hipótese de que há uma capacidade estrutural não analisada em muitos projetos de aeronaves e que existe potencial de redução de retrabalho ao se explorar este tipo de metodologia

### 6.1 Trabalhos futuros

Como este trabalho trata-se de um estudo inicial sobre este método, são propostos alguns próximos passos para aprofundamento deste:

- Avaliação dos envelopes de justificação utilizando MEF e considerando efeitos não lineares, presumidamente esta análise pode utilizar, ao invés de uma função de transformação linear (como é a dos fatores de reserva neste caso) para uma função espacial, criada com mais de um ponto de análise ao longo do mesmo vetor de direção.;
- Comparação de resultados com o envelope de justificação estrutural de uma aeronave FAR25, com um número mais elevado de casos de carga calculados. Neste caso, espera-se que o ganho percentual em área do envelope seja menor, dado que o espaço vetorial das cargas já estará muito mais populado;
- Interpretação dos padrões geométricos que se apresentam após a aplicação da transformação, validando se são diferentes modos de falha associados à estrutura;
- Aumento da dimensionalidade do problema, no limite chegando à todas as 6 grandezas

que regem os fenômenos estruturais, de forma que exista apenas 1 envelope 6D contemplando todos os modos de falha da estrutura;

- Avaliação do efeito da mudança do critério de falha utilizado, conduzindo a avaliação em um componente preferencialmente sujeito à esforços simétricos e com uma estrutura com critérios de falha distintos além do critério de máxima tensão;

## REFERÊNCIAS

AIRBUS INDUSTRIE/EASA. **Type Certificate Data Sheet AIRBUSA318, A319, A320, A321**. 2021. TCDS No. EASA.A.064. Disponível em: <<https://www.easa.europa.eu/downloads/16507/en>>.

BARBER, C. B.; DOBKIN, D. P.; HUHDANPAA, H. The quickhull algorithm for convex hulls. **ACM TRANSACTIONS ON MATHEMATICAL SOFTWARE**, v. 22, n. 4, p. 469–483, 1996.

DHARMASAROJA, A. et al. Structural performance envelopes in load space. **The Aeronautical Journal**, v. 125, p. 127 – 150, 2021.

KLETTE, R.; ROSENFELD, A. **Digital Geometry Geometric Methods for Digital Picture Analysis**. [S.l.]: Aiaa, 2004.

LEE, D. T. **On finding the convex hull of a simple polygon**. 1983. 87-98 p.

MEGSON, T. **Aircraft Structures for Engineering Students – Fifth edition** T. H. G. Megson Elsevier Butterworth-Heinemann, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK. 2013. 859pp. Illustrated. £49.99. ISBN 978-0-08-096905-3. [S.l.]: Cambridge University Press, 2017. v. 121.

PROENCA, S. P. B. **Notas de Aula - Mecânica de Estruturas Aeronáuticas**. 2021.

SHESHANARAYANA, S. et al. Calculating implicit reserve factor sensitivities from performance envelopes. In: . [S.l.: s.n.], 2018.



## **Apêndices**



## APÊNDICE A – CÓDIGOS COMPUTACIONAIS

Devido ao tamanho dos códigos utilizados para a confecção deste trabalho, foi de melhor interesse disponibilizá-los para download em um repositório em cloud

### A.1 Cargas

Os códigos referentes à disciplina de cargas, bem como os inputs utilizados para este trabalho se encontram no seguinte repositório do GitHub:

<https://github.com/carlos-schwabe/TCC-Cargas.git>

### A.2 Estruturas

Os códigos referentes à disciplina de cargas, bem como os inputs utilizados para este trabalho se encontram no seguinte repositório do GitHub:

<https://github.com/carlos-schwabe/TCC-Estrutura.git>





## APÊNDICE B – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

### B.1 Fatores de Reserva Unitários

#### B.1.1 Envelope $V_N \times M_t$

Ângulo no Envelope	Cisalhamento Revestimento	Cisalhamento Alma	Falha	RF
0,0	44,5	103,8	Cisalhamento Revestimento	44,5
0,4	44,5	103,9	Cisalhamento Revestimento	44,5
0,8	44,5	104,0	Cisalhamento Revestimento	44,5
1,2	44,5	104,2	Cisalhamento Revestimento	44,5
1,6	44,5	104,3	Cisalhamento Revestimento	44,5
2,0	44,5	104,5	Cisalhamento Revestimento	44,5
2,4	44,5	104,7	Cisalhamento Revestimento	44,5
2,8	44,5	104,8	Cisalhamento Revestimento	44,5
3,2	44,5	105,0	Cisalhamento Revestimento	44,5
3,6	44,5	105,2	Cisalhamento Revestimento	44,5
4,0	44,6	105,4	Cisalhamento Revestimento	44,6
4,4	44,6	105,6	Cisalhamento Revestimento	44,6
4,8	44,6	105,8	Cisalhamento Revestimento	44,6
5,2	44,6	106,0	Cisalhamento Revestimento	44,6
5,6	44,7	106,2	Cisalhamento Revestimento	44,7
6,0	44,7	106,4	Cisalhamento Revestimento	44,7
6,4	44,7	106,6	Cisalhamento Revestimento	44,7
6,8	44,7	106,8	Cisalhamento Revestimento	44,7
7,2	44,8	107,1	Cisalhamento Revestimento	44,8
7,6	44,8	107,3	Cisalhamento Revestimento	44,8
8,0	44,9	107,5	Cisalhamento Revestimento	44,9
8,4	44,9	107,8	Cisalhamento Revestimento	44,9
8,8	44,9	108,0	Cisalhamento Revestimento	44,9
9,2	45,0	108,3	Cisalhamento Revestimento	45,0
9,6	45,0	108,6	Cisalhamento Revestimento	45,0
10,0	45,1	108,9	Cisalhamento Revestimento	45,1
10,4	45,2	109,1	Cisalhamento Revestimento	45,2
10,8	45,2	109,4	Cisalhamento Revestimento	45,2
11,2	45,3	109,7	Cisalhamento Revestimento	45,3
11,6	45,3	110,0	Cisalhamento Revestimento	45,3
12,0	45,4	110,3	Cisalhamento Revestimento	45,4
12,4	45,5	110,7	Cisalhamento Revestimento	45,5
12,8	45,5	111,0	Cisalhamento Revestimento	45,5
13,2	45,6	111,3	Cisalhamento Revestimento	45,6
13,6	45,7	111,7	Cisalhamento Revestimento	45,7
14,0	45,7	112,0	Cisalhamento Revestimento	45,7
14,4	45,8	112,4	Cisalhamento Revestimento	45,8
14,8	45,9	112,7	Cisalhamento Revestimento	45,9
15,2	46,0	113,1	Cisalhamento Revestimento	46,0
15,6	46,1	113,5	Cisalhamento Revestimento	46,1
16,0	46,2	113,9	Cisalhamento Revestimento	46,2
16,4	46,3	114,3	Cisalhamento Revestimento	46,3
16,8	46,3	114,7	Cisalhamento Revestimento	46,3

17,2	46,4	115,1 Cisalhamento Revestimento	46,4
17,6	46,5	115,5 Cisalhamento Revestimento	46,5
18,0	46,6	116,0 Cisalhamento Revestimento	46,6
18,4	46,7	116,4 Cisalhamento Revestimento	46,7
18,8	46,9	116,8 Cisalhamento Revestimento	46,9
19,2	47,0	117,3 Cisalhamento Revestimento	47,0
19,6	47,1	117,8 Cisalhamento Revestimento	47,1
20,0	47,2	118,2 Cisalhamento Revestimento	47,2
20,4	47,3	118,7 Cisalhamento Revestimento	47,3
20,8	47,4	119,2 Cisalhamento Revestimento	47,4
21,2	47,6	119,7 Cisalhamento Revestimento	47,6
21,6	47,7	120,3 Cisalhamento Revestimento	47,7
22,0	47,8	120,8 Cisalhamento Revestimento	47,8
22,4	48,0	121,3 Cisalhamento Revestimento	48,0
22,8	48,1	121,9 Cisalhamento Revestimento	48,1
23,2	48,2	122,4 Cisalhamento Revestimento	48,2
23,6	48,4	123,0 Cisalhamento Revestimento	48,4
24,0	48,5	123,6 Cisalhamento Revestimento	48,5
24,4	48,7	124,2 Cisalhamento Revestimento	48,7
24,8	48,8	124,8 Cisalhamento Revestimento	48,8
25,2	49,0	125,4 Cisalhamento Revestimento	49,0
25,6	49,1	126,0 Cisalhamento Revestimento	49,1
26,0	49,3	126,7 Cisalhamento Revestimento	49,3
26,4	49,5	127,3 Cisalhamento Revestimento	49,5
26,8	49,6	128,0 Cisalhamento Revestimento	49,6
27,2	49,8	128,7 Cisalhamento Revestimento	49,8
27,6	50,0	129,4 Cisalhamento Revestimento	50,0
28,0	50,2	130,1 Cisalhamento Revestimento	50,2
28,4	50,4	130,8 Cisalhamento Revestimento	50,4
28,8	50,5	131,6 Cisalhamento Revestimento	50,5
29,2	50,7	132,3 Cisalhamento Revestimento	50,7
29,6	50,9	133,1 Cisalhamento Revestimento	50,9
30,0	51,1	133,9 Cisalhamento Revestimento	51,1
30,4	51,3	134,7 Cisalhamento Revestimento	51,3
30,8	51,5	135,5 Cisalhamento Revestimento	51,5
31,2	51,8	136,3 Cisalhamento Revestimento	51,8
31,6	52,0	137,2 Cisalhamento Revestimento	52,0
32,0	52,2	138,0 Cisalhamento Revestimento	52,2
32,4	52,4	138,9 Cisalhamento Revestimento	52,4
32,8	52,7	139,8 Cisalhamento Revestimento	52,7
33,2	52,9	140,8 Cisalhamento Revestimento	52,9
33,6	53,1	141,7 Cisalhamento Revestimento	53,1
34,0	53,4	142,7 Cisalhamento Revestimento	53,4
34,4	53,6	143,7 Cisalhamento Revestimento	53,6
34,8	53,9	144,7 Cisalhamento Revestimento	53,9
35,2	54,1	145,7 Cisalhamento Revestimento	54,1
35,6	54,4	146,7 Cisalhamento Revestimento	54,4

36,0	54,7	147,8 Cisalhamento Revestimento	54,7
36,4	55,0	148,9 Cisalhamento Revestimento	55,0
36,8	55,2	150,0 Cisalhamento Revestimento	55,2
37,2	55,5	151,1 Cisalhamento Revestimento	55,5
37,6	55,8	152,3 Cisalhamento Revestimento	55,8
38,0	56,1	153,5 Cisalhamento Revestimento	56,1
38,4	56,4	154,7 Cisalhamento Revestimento	56,4
38,8	56,7	156,0 Cisalhamento Revestimento	56,7
39,2	57,0	157,2 Cisalhamento Revestimento	57,0
39,6	57,4	158,5 Cisalhamento Revestimento	57,4
40,0	57,7	159,9 Cisalhamento Revestimento	57,7
40,4	58,0	161,2 Cisalhamento Revestimento	58,0
40,8	58,4	162,6 Cisalhamento Revestimento	58,4
41,2	58,7	164,0 Cisalhamento Revestimento	58,7
41,6	59,1	165,5 Cisalhamento Revestimento	59,1
42,0	59,5	167,0 Cisalhamento Revestimento	59,5
42,4	59,8	168,5 Cisalhamento Revestimento	59,8
42,8	60,2	170,1 Cisalhamento Revestimento	60,2
43,2	60,6	171,7 Cisalhamento Revestimento	60,6
43,6	61,0	173,3 Cisalhamento Revestimento	61,0
44,0	61,4	175,0 Cisalhamento Revestimento	61,4
44,4	61,8	176,7 Cisalhamento Revestimento	61,8
44,8	62,2	178,5 Cisalhamento Revestimento	62,2
45,3	62,7	180,3 Cisalhamento Revestimento	62,7
45,7	63,1	182,2 Cisalhamento Revestimento	63,1
46,1	63,5	184,1 Cisalhamento Revestimento	63,5
46,5	64,0	186,0 Cisalhamento Revestimento	64,0
46,9	64,5	188,0 Cisalhamento Revestimento	64,5
47,3	64,9	190,1 Cisalhamento Revestimento	64,9
47,7	65,4	192,2 Cisalhamento Revestimento	65,4
48,1	65,9	194,4 Cisalhamento Revestimento	65,9
48,5	66,4	196,6 Cisalhamento Revestimento	66,4
48,9	67,0	198,9 Cisalhamento Revestimento	67,0
49,3	67,5	201,3 Cisalhamento Revestimento	67,5
49,7	68,0	203,7 Cisalhamento Revestimento	68,0
50,1	68,6	206,2 Cisalhamento Revestimento	68,6
50,5	69,2	208,7 Cisalhamento Revestimento	69,2
50,9	69,7	211,4 Cisalhamento Revestimento	69,7
51,3	70,3	214,1 Cisalhamento Revestimento	70,3
51,7	71,0	216,9 Cisalhamento Revestimento	71,0
52,1	71,6	219,8 Cisalhamento Revestimento	71,6
52,5	72,2	222,8 Cisalhamento Revestimento	72,2
52,9	72,9	225,8 Cisalhamento Revestimento	72,9
53,3	73,5	229,0 Cisalhamento Revestimento	73,5
53,7	74,2	232,2 Cisalhamento Revestimento	74,2
54,1	74,9	235,6 Cisalhamento Revestimento	74,9
54,5	75,6	239,1 Cisalhamento Revestimento	75,6

54,9	76,4	242,7 Cisalhamento Revestimento	76,4
55,3	77,1	246,4 Cisalhamento Revestimento	77,1
55,7	77,9	250,3 Cisalhamento Revestimento	77,9
56,1	78,7	254,2 Cisalhamento Revestimento	78,7
56,5	79,5	258,4 Cisalhamento Revestimento	79,5
56,9	80,3	262,6 Cisalhamento Revestimento	80,3
57,3	81,2	267,1 Cisalhamento Revestimento	81,2
57,7	82,1	271,7 Cisalhamento Revestimento	82,1
58,1	83,0	276,4 Cisalhamento Revestimento	83,0
58,5	83,9	281,4 Cisalhamento Revestimento	83,9
58,9	84,9	286,5 Cisalhamento Revestimento	84,9
59,3	85,8	291,9 Cisalhamento Revestimento	85,8
59,7	86,8	297,5 Cisalhamento Revestimento	86,8
60,1	87,9	303,3 Cisalhamento Revestimento	87,9
60,5	88,9	309,3 Cisalhamento Revestimento	88,9
60,9	90,0	315,6 Cisalhamento Revestimento	90,0
61,3	91,2	322,2 Cisalhamento Revestimento	91,2
61,7	92,3	329,1 Cisalhamento Revestimento	92,3
62,1	93,5	336,3 Cisalhamento Revestimento	93,5
62,5	94,7	343,9 Cisalhamento Revestimento	94,7
62,9	96,0	351,8 Cisalhamento Revestimento	96,0
63,3	97,3	360,1 Cisalhamento Revestimento	97,3
63,7	98,6	368,8 Cisalhamento Revestimento	98,6
64,1	100,0	378,0 Cisalhamento Revestimento	100,0
64,5	101,5	387,7 Cisalhamento Revestimento	101,5
64,9	102,9	397,9 Cisalhamento Revestimento	102,9
65,3	104,5	408,6 Cisalhamento Revestimento	104,5
65,7	106,0	420,0 Cisalhamento Revestimento	106,0
66,1	107,7	432,1 Cisalhamento Revestimento	107,7
66,5	109,4	444,9 Cisalhamento Revestimento	109,4
66,9	111,1	458,4 Cisalhamento Revestimento	111,1
67,3	112,9	472,9 Cisalhamento Revestimento	112,9
67,7	114,8	488,4 Cisalhamento Revestimento	114,8
68,1	116,7	504,9 Cisalhamento Revestimento	116,7
68,5	118,7	522,6 Cisalhamento Revestimento	118,7
68,9	120,8	541,6 Cisalhamento Revestimento	120,8
69,3	123,0	562,1 Cisalhamento Revestimento	123,0
69,7	125,3	584,2 Cisalhamento Revestimento	125,3
70,1	127,6	608,1 Cisalhamento Revestimento	127,6
70,5	130,1	634,2 Cisalhamento Revestimento	130,1
70,9	132,6	662,6 Cisalhamento Revestimento	132,6
71,3	135,3	693,7 Cisalhamento Revestimento	135,3
71,7	138,1	727,9 Cisalhamento Revestimento	138,1
72,1	141,0	765,6 Cisalhamento Revestimento	141,0
72,5	144,0	807,6 Cisalhamento Revestimento	144,0
72,9	147,2	854,5 Cisalhamento Revestimento	147,2
73,3	150,5	907,2 Cisalhamento Revestimento	150,5

73,7	154,0	966,8 Cisalhamento Revestimento	154,0
74,1	157,6	1035,0 Cisalhamento Revestimento	157,6
74,5	161,5	1113,5 Cisalhamento Revestimento	161,5
74,9	165,5	1204,9 Cisalhamento Revestimento	165,5
75,3	169,8	1312,9 Cisalhamento Revestimento	169,8
75,7	174,2	1442,1 Cisalhamento Revestimento	174,2
76,1	179,0	1599,6 Cisalhamento Revestimento	179,0
76,5	184,0	1795,8 Cisalhamento Revestimento	184,0
76,9	189,3	2047,1 Cisalhamento Revestimento	189,3
77,3	195,0	2380,2 Cisalhamento Revestimento	195,0
77,7	201,0	2843,0 Cisalhamento Revestimento	201,0
78,1	207,4	3529,3 Cisalhamento Revestimento	207,4
78,5	214,2	4652,8 Cisalhamento Revestimento	214,2
78,9	221,5	6826,3 Cisalhamento Revestimento	221,5
79,3	229,3	12811,2 Cisalhamento Revestimento	229,3
79,7	237,7	103984,9 Cisalhamento Revestimento	237,7
80,1	246,8	16234,6 Cisalhamento Revestimento	246,8
80,5	256,6	7690,1 Cisalhamento Revestimento	256,6
80,9	267,2	5038,5 Cisalhamento Revestimento	267,2
81,3	278,7	3746,8 Cisalhamento Revestimento	278,7
81,7	291,3	2982,3 Cisalhamento Revestimento	291,3
82,1	305,2	2477,1 Cisalhamento Revestimento	305,2
82,5	320,4	2118,3 Cisalhamento Revestimento	320,4
82,9	337,2	1850,4 Cisalhamento Revestimento	337,2
83,3	355,9	1642,7 Cisalhamento Revestimento	355,9
83,7	376,8	1477,0 Cisalhamento Revestimento	376,8
84,1	400,3	1341,7 Cisalhamento Revestimento	400,3
84,5	427,1	1229,2 Cisalhamento Revestimento	427,1
84,9	457,6	1134,1 Cisalhamento Revestimento	457,6
85,3	492,9	1052,8 Cisalhamento Revestimento	492,9
85,7	534,1	982,3 Cisalhamento Revestimento	534,1
86,1	582,9	920,8 Cisalhamento Revestimento	582,9
86,5	641,5	866,5 Cisalhamento Revestimento	641,5
86,9	713,2	818,4 Cisalhamento Revestimento	713,2
87,3	803,1	775,3 Cisalhamento Alma	775,3
87,7	918,9	736,6 Cisalhamento Alma	736,6
88,1	1073,8	701,6 Cisalhamento Alma	701,6
88,5	1291,6	669,8 Cisalhamento Alma	669,8
88,9	1620,3	640,7 Cisalhamento Alma	640,7
89,3	2173,6	614,2 Cisalhamento Alma	614,2
89,7	2841,6	589,7 Cisalhamento Alma	589,7
90,1	1964,4	567,2 Cisalhamento Alma	567,2
90,5	1501,1	546,4 Cisalhamento Alma	546,4
90,9	1214,6	527,0 Cisalhamento Alma	527,0
91,3	1020,1	509,0 Cisalhamento Alma	509,0
91,7	879,2	492,2 Cisalhamento Alma	492,2
92,1	772,6	476,5 Cisalhamento Alma	476,5

92,5	689,1	461,8 Cisalhamento Alma	461,8
92,9	621,9	448,0 Cisalhamento Alma	448,0
93,3	566,7	435,0 Cisalhamento Alma	435,0
93,7	520,5	422,8 Cisalhamento Alma	422,8
94,1	481,2	411,3 Cisalhamento Alma	411,3
94,5	447,6	400,4 Cisalhamento Alma	400,4
94,9	418,3	390,0 Cisalhamento Alma	390,0
95,3	392,6	380,3 Cisalhamento Alma	380,3
95,7	370,0	371,0 Cisalhamento Revestimento	370,0
96,1	349,8	362,1 Cisalhamento Revestimento	349,8
96,5	331,7	353,7 Cisalhamento Revestimento	331,7
96,9	315,4	345,7 Cisalhamento Revestimento	315,4
97,3	300,7	338,1 Cisalhamento Revestimento	300,7
97,7	287,2	330,8 Cisalhamento Revestimento	287,2
98,1	275,0	323,8 Cisalhamento Revestimento	275,0
98,5	263,7	317,2 Cisalhamento Revestimento	263,7
98,9	253,4	310,8 Cisalhamento Revestimento	253,4
99,3	243,8	304,7 Cisalhamento Revestimento	243,8
99,7	235,0	298,8 Cisalhamento Revestimento	235,0
100,1	226,8	293,2 Cisalhamento Revestimento	226,8
100,5	219,1	287,8 Cisalhamento Revestimento	219,1
100,9	212,0	282,6 Cisalhamento Revestimento	212,0
101,3	205,3	277,6 Cisalhamento Revestimento	205,3
101,7	199,0	272,8 Cisalhamento Revestimento	199,0
102,1	193,1	268,1 Cisalhamento Revestimento	193,1
102,5	187,6	263,7 Cisalhamento Revestimento	187,6
102,9	182,4	259,4 Cisalhamento Revestimento	182,4
103,3	177,5	255,2 Cisalhamento Revestimento	177,5
103,7	172,8	251,2 Cisalhamento Revestimento	172,8
104,1	168,4	247,3 Cisalhamento Revestimento	168,4
104,5	164,2	243,6 Cisalhamento Revestimento	164,2
104,9	160,2	239,9 Cisalhamento Revestimento	160,2
105,3	156,4	236,4 Cisalhamento Revestimento	156,4
105,7	152,8	233,0 Cisalhamento Revestimento	152,8
106,1	149,4	229,7 Cisalhamento Revestimento	149,4
106,5	146,1	226,6 Cisalhamento Revestimento	146,1
106,9	143,0	223,5 Cisalhamento Revestimento	143,0
107,3	140,0	220,5 Cisalhamento Revestimento	140,0
107,7	137,2	217,6 Cisalhamento Revestimento	137,2
108,1	134,4	214,8 Cisalhamento Revestimento	134,4
108,5	131,8	212,0 Cisalhamento Revestimento	131,8
108,9	129,3	209,4 Cisalhamento Revestimento	129,3
109,3	126,9	206,8 Cisalhamento Revestimento	126,9
109,7	124,5	204,3 Cisalhamento Revestimento	124,5
110,1	122,3	201,8 Cisalhamento Revestimento	122,3
110,5	120,2	199,5 Cisalhamento Revestimento	120,2
110,9	118,1	197,1 Cisalhamento Revestimento	118,1

111,3	116,1	194,9 Cisalhamento Revestimento	116,1
111,7	114,2	192,7 Cisalhamento Revestimento	114,2
112,1	112,3	190,6 Cisalhamento Revestimento	112,3
112,5	110,5	188,5 Cisalhamento Revestimento	110,5
112,9	108,8	186,5 Cisalhamento Revestimento	108,8
113,3	107,1	184,5 Cisalhamento Revestimento	107,1
113,7	105,5	182,6 Cisalhamento Revestimento	105,5
114,1	104,0	180,8 Cisalhamento Revestimento	104,0
114,5	102,4	178,9 Cisalhamento Revestimento	102,4
114,9	101,0	177,2 Cisalhamento Revestimento	101,0
115,3	99,6	175,4 Cisalhamento Revestimento	99,6
115,7	98,2	173,7 Cisalhamento Revestimento	98,2
116,1	96,9	172,1 Cisalhamento Revestimento	96,9
116,5	95,6	170,5 Cisalhamento Revestimento	95,6
116,9	94,3	168,9 Cisalhamento Revestimento	94,3
117,3	93,1	167,4 Cisalhamento Revestimento	93,1
117,7	91,9	165,9 Cisalhamento Revestimento	91,9
118,1	90,8	164,4 Cisalhamento Revestimento	90,8
118,5	89,7	163,0 Cisalhamento Revestimento	89,7
118,9	88,6	161,6 Cisalhamento Revestimento	88,6
119,3	87,5	160,2 Cisalhamento Revestimento	87,5
119,7	86,5	158,8 Cisalhamento Revestimento	86,5
120,1	85,5	157,5 Cisalhamento Revestimento	85,5
120,5	84,5	156,3 Cisalhamento Revestimento	84,5
120,9	83,6	155,0 Cisalhamento Revestimento	83,6
121,3	82,7	153,8 Cisalhamento Revestimento	82,7
121,7	81,8	152,6 Cisalhamento Revestimento	81,8
122,1	80,9	151,4 Cisalhamento Revestimento	80,9
122,5	80,1	150,3 Cisalhamento Revestimento	80,1
122,9	79,2	149,1 Cisalhamento Revestimento	79,2
123,3	78,4	148,0 Cisalhamento Revestimento	78,4
123,7	77,7	147,0 Cisalhamento Revestimento	77,7
124,1	76,9	145,9 Cisalhamento Revestimento	76,9
124,5	76,1	144,9 Cisalhamento Revestimento	76,1
124,9	75,4	143,9 Cisalhamento Revestimento	75,4
125,3	74,7	142,9 Cisalhamento Revestimento	74,7
125,7	74,0	141,9 Cisalhamento Revestimento	74,0
126,1	73,3	141,0 Cisalhamento Revestimento	73,3
126,5	72,7	140,1 Cisalhamento Revestimento	72,7
126,9	72,0	139,1 Cisalhamento Revestimento	72,0
127,3	71,4	138,3 Cisalhamento Revestimento	71,4
127,7	70,8	137,4 Cisalhamento Revestimento	70,8
128,1	70,1	136,5 Cisalhamento Revestimento	70,1
128,5	69,6	135,7 Cisalhamento Revestimento	69,6
128,9	69,0	134,9 Cisalhamento Revestimento	69,0
129,3	68,4	134,1 Cisalhamento Revestimento	68,4
129,7	67,9	133,3 Cisalhamento Revestimento	67,9



130,1	67,3	132,5 Cisalhamento Revestimento	67,3
130,5	66,8	131,7 Cisalhamento Revestimento	66,8
130,9	66,3	131,0 Cisalhamento Revestimento	66,3
131,3	65,8	130,3 Cisalhamento Revestimento	65,8
131,7	65,3	129,6 Cisalhamento Revestimento	65,3
132,1	64,8	128,9 Cisalhamento Revestimento	64,8
132,5	64,3	128,2 Cisalhamento Revestimento	64,3
132,9	63,8	127,5 Cisalhamento Revestimento	63,8
133,3	63,4	126,8 Cisalhamento Revestimento	63,4
133,7	62,9	126,2 Cisalhamento Revestimento	62,9
134,1	62,5	125,6 Cisalhamento Revestimento	62,5
134,5	62,1	124,9 Cisalhamento Revestimento	62,1
134,9	61,7	124,3 Cisalhamento Revestimento	61,7
135,4	61,3	123,7 Cisalhamento Revestimento	61,3
135,8	60,9	123,1 Cisalhamento Revestimento	60,9
136,2	60,5	122,6 Cisalhamento Revestimento	60,5
136,6	60,1	122,0 Cisalhamento Revestimento	60,1
137,0	59,7	121,4 Cisalhamento Revestimento	59,7
137,4	59,3	120,9 Cisalhamento Revestimento	59,3
137,8	59,0	120,4 Cisalhamento Revestimento	59,0
138,2	58,6	119,9 Cisalhamento Revestimento	58,6
138,6	58,3	119,3 Cisalhamento Revestimento	58,3
139,0	57,9	118,8 Cisalhamento Revestimento	57,9
139,4	57,6	118,4 Cisalhamento Revestimento	57,6
139,8	57,3	117,9 Cisalhamento Revestimento	57,3
140,2	56,9	117,4 Cisalhamento Revestimento	56,9
140,6	56,6	116,9 Cisalhamento Revestimento	56,6
141,0	56,3	116,5 Cisalhamento Revestimento	56,3
141,4	56,0	116,1 Cisalhamento Revestimento	56,0
141,8	55,7	115,6 Cisalhamento Revestimento	55,7
142,2	55,4	115,2 Cisalhamento Revestimento	55,4
142,6	55,1	114,8 Cisalhamento Revestimento	55,1
143,0	54,9	114,4 Cisalhamento Revestimento	54,9
143,4	54,6	114,0 Cisalhamento Revestimento	54,6
143,8	54,3	113,6 Cisalhamento Revestimento	54,3
144,2	54,0	113,2 Cisalhamento Revestimento	54,0
144,6	53,8	112,8 Cisalhamento Revestimento	53,8
145,0	53,5	112,5 Cisalhamento Revestimento	53,5
145,4	53,3	112,1 Cisalhamento Revestimento	53,3
145,8	53,0	111,7 Cisalhamento Revestimento	53,0
146,2	52,8	111,4 Cisalhamento Revestimento	52,8
146,6	52,6	111,1 Cisalhamento Revestimento	52,6
147,0	52,3	110,7 Cisalhamento Revestimento	52,3
147,4	52,1	110,4 Cisalhamento Revestimento	52,1
147,8	51,9	110,1 Cisalhamento Revestimento	51,9
148,2	51,7	109,8 Cisalhamento Revestimento	51,7
148,6	51,5	109,5 Cisalhamento Revestimento	51,5

149,0	51,3	109,2 Cisalhamento Revestimento	51,3
149,4	51,1	108,9 Cisalhamento Revestimento	51,1
149,8	50,9	108,6 Cisalhamento Revestimento	50,9
150,2	50,7	108,4 Cisalhamento Revestimento	50,7
150,6	50,5	108,1 Cisalhamento Revestimento	50,5
151,0	50,3	107,8 Cisalhamento Revestimento	50,3
151,4	50,1	107,6 Cisalhamento Revestimento	50,1
151,8	49,9	107,3 Cisalhamento Revestimento	49,9
152,2	49,7	107,1 Cisalhamento Revestimento	49,7
152,6	49,6	106,9 Cisalhamento Revestimento	49,6
153,0	49,4	106,6 Cisalhamento Revestimento	49,4
153,4	49,2	106,4 Cisalhamento Revestimento	49,2
153,8	49,1	106,2 Cisalhamento Revestimento	49,1
154,2	48,9	106,0 Cisalhamento Revestimento	48,9
154,6	48,8	105,8 Cisalhamento Revestimento	48,8
155,0	48,6	105,6 Cisalhamento Revestimento	48,6
155,4	48,5	105,4 Cisalhamento Revestimento	48,5
155,8	48,3	105,2 Cisalhamento Revestimento	48,3
156,2	48,2	105,0 Cisalhamento Revestimento	48,2
156,6	48,0	104,9 Cisalhamento Revestimento	48,0
157,0	47,9	104,7 Cisalhamento Revestimento	47,9
157,4	47,8	104,5 Cisalhamento Revestimento	47,8
157,8	47,6	104,4 Cisalhamento Revestimento	47,6
158,2	47,5	104,2 Cisalhamento Revestimento	47,5
158,6	47,4	104,1 Cisalhamento Revestimento	47,4
159,0	47,3	103,9 Cisalhamento Revestimento	47,3
159,4	47,2	103,8 Cisalhamento Revestimento	47,2
159,8	47,0	103,7 Cisalhamento Revestimento	47,0
160,2	46,9	103,5 Cisalhamento Revestimento	46,9
160,6	46,8	103,4 Cisalhamento Revestimento	46,8
161,0	46,7	103,3 Cisalhamento Revestimento	46,7
161,4	46,6	103,2 Cisalhamento Revestimento	46,6
161,8	46,5	103,1 Cisalhamento Revestimento	46,5
162,2	46,4	103,0 Cisalhamento Revestimento	46,4
162,6	46,3	102,9 Cisalhamento Revestimento	46,3
163,0	46,2	102,8 Cisalhamento Revestimento	46,2
163,4	46,1	102,7 Cisalhamento Revestimento	46,1
163,8	46,0	102,7 Cisalhamento Revestimento	46,0
164,2	46,0	102,6 Cisalhamento Revestimento	46,0
164,6	45,9	102,5 Cisalhamento Revestimento	45,9
165,0	45,8	102,5 Cisalhamento Revestimento	45,8
165,4	45,7	102,4 Cisalhamento Revestimento	45,7
165,8	45,6	102,4 Cisalhamento Revestimento	45,6
166,2	45,6	102,3 Cisalhamento Revestimento	45,6
166,6	45,5	102,3 Cisalhamento Revestimento	45,5
167,0	45,4	102,2 Cisalhamento Revestimento	45,4
167,4	45,4	102,2 Cisalhamento Revestimento	45,4

167,8	45,3	102,2 Cisalhamento Revestimento	45,3
168,2	45,2	102,2 Cisalhamento Revestimento	45,2
168,6	45,2	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,2
169,0	45,1	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,1
169,4	45,1	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,1
169,8	45,0	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,0
170,2	45,0	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,0
170,6	44,9	102,1 Cisalhamento Revestimento	44,9
171,0	44,9	102,1 Cisalhamento Revestimento	44,9
171,4	44,8	102,2 Cisalhamento Revestimento	44,8
171,8	44,8	102,2 Cisalhamento Revestimento	44,8
172,2	44,8	102,2 Cisalhamento Revestimento	44,8
172,6	44,7	102,2 Cisalhamento Revestimento	44,7
173,0	44,7	102,3 Cisalhamento Revestimento	44,7
173,4	44,7	102,3 Cisalhamento Revestimento	44,7
173,8	44,6	102,4 Cisalhamento Revestimento	44,6
174,2	44,6	102,4 Cisalhamento Revestimento	44,6
174,6	44,6	102,5 Cisalhamento Revestimento	44,6
175,0	44,6	102,5 Cisalhamento Revestimento	44,6
175,4	44,5	102,6 Cisalhamento Revestimento	44,5
175,8	44,5	102,7 Cisalhamento Revestimento	44,5
176,2	44,5	102,8 Cisalhamento Revestimento	44,5
176,6	44,5	102,9 Cisalhamento Revestimento	44,5
177,0	44,5	102,9 Cisalhamento Revestimento	44,5
177,4	44,5	103,0 Cisalhamento Revestimento	44,5
177,8	44,5	103,1 Cisalhamento Revestimento	44,5
178,2	44,5	103,2 Cisalhamento Revestimento	44,5
178,6	44,5	103,3 Cisalhamento Revestimento	44,5
179,0	44,5	103,5 Cisalhamento Revestimento	44,5
179,4	44,5	103,6 Cisalhamento Revestimento	44,5
179,8	44,5	103,7 Cisalhamento Revestimento	44,5
180,2	44,5	103,8 Cisalhamento Revestimento	44,5
180,6	44,5	104,0 Cisalhamento Revestimento	44,5
181,0	44,5	104,1 Cisalhamento Revestimento	44,5
181,4	44,5	104,3 Cisalhamento Revestimento	44,5
181,8	44,5	104,4 Cisalhamento Revestimento	44,5
182,2	44,5	104,6 Cisalhamento Revestimento	44,5
182,6	44,5	104,7 Cisalhamento Revestimento	44,5
183,0	44,5	104,9 Cisalhamento Revestimento	44,5
183,4	44,5	105,1 Cisalhamento Revestimento	44,5
183,8	44,5	105,3 Cisalhamento Revestimento	44,5
184,2	44,6	105,5 Cisalhamento Revestimento	44,6
184,6	44,6	105,7 Cisalhamento Revestimento	44,6
185,0	44,6	105,9 Cisalhamento Revestimento	44,6
185,4	44,6	106,1 Cisalhamento Revestimento	44,6
185,8	44,7	106,3 Cisalhamento Revestimento	44,7
186,2	44,7	106,5 Cisalhamento Revestimento	44,7

186,6	44,7	106,7 Cisalhamento Revestimento	44,7
187,0	44,8	106,9 Cisalhamento Revestimento	44,8
187,4	44,8	107,2 Cisalhamento Revestimento	44,8
187,8	44,8	107,4 Cisalhamento Revestimento	44,8
188,2	44,9	107,7 Cisalhamento Revestimento	44,9
188,6	44,9	107,9 Cisalhamento Revestimento	44,9
189,0	45,0	108,2 Cisalhamento Revestimento	45,0
189,4	45,0	108,4 Cisalhamento Revestimento	45,0
189,8	45,1	108,7 Cisalhamento Revestimento	45,1
190,2	45,1	109,0 Cisalhamento Revestimento	45,1
190,6	45,2	109,3 Cisalhamento Revestimento	45,2
191,0	45,2	109,6 Cisalhamento Revestimento	45,2
191,4	45,3	109,9 Cisalhamento Revestimento	45,3
191,8	45,4	110,2 Cisalhamento Revestimento	45,4
192,2	45,4	110,5 Cisalhamento Revestimento	45,4
192,6	45,5	110,8 Cisalhamento Revestimento	45,5
193,0	45,6	111,2 Cisalhamento Revestimento	45,6
193,4	45,6	111,5 Cisalhamento Revestimento	45,6
193,8	45,7	111,8 Cisalhamento Revestimento	45,7
194,2	45,8	112,2 Cisalhamento Revestimento	45,8
194,6	45,9	112,6 Cisalhamento Revestimento	45,9
195,0	45,9	112,9 Cisalhamento Revestimento	45,9
195,4	46,0	113,3 Cisalhamento Revestimento	46,0
195,8	46,1	113,7 Cisalhamento Revestimento	46,1
196,2	46,2	114,1 Cisalhamento Revestimento	46,2
196,6	46,3	114,5 Cisalhamento Revestimento	46,3
197,0	46,4	114,9 Cisalhamento Revestimento	46,4
197,4	46,5	115,3 Cisalhamento Revestimento	46,5
197,8	46,6	115,7 Cisalhamento Revestimento	46,6
198,2	46,7	116,2 Cisalhamento Revestimento	46,7
198,6	46,8	116,6 Cisalhamento Revestimento	46,8
199,0	46,9	117,1 Cisalhamento Revestimento	46,9
199,4	47,0	117,5 Cisalhamento Revestimento	47,0
199,8	47,1	118,0 Cisalhamento Revestimento	47,1
200,2	47,3	118,5 Cisalhamento Revestimento	47,3
200,6	47,4	119,0 Cisalhamento Revestimento	47,4
201,0	47,5	119,5 Cisalhamento Revestimento	47,5
201,4	47,6	120,0 Cisalhamento Revestimento	47,6
201,8	47,8	120,5 Cisalhamento Revestimento	47,8
202,2	47,9	121,1 Cisalhamento Revestimento	47,9
202,6	48,0	121,6 Cisalhamento Revestimento	48,0
203,0	48,2	122,2 Cisalhamento Revestimento	48,2
203,4	48,3	122,7 Cisalhamento Revestimento	48,3
203,8	48,4	123,3 Cisalhamento Revestimento	48,4
204,2	48,6	123,9 Cisalhamento Revestimento	48,6
204,6	48,7	124,5 Cisalhamento Revestimento	48,7
205,0	48,9	125,1 Cisalhamento Revestimento	48,9

205,4	49,1	125,7 Cisalhamento Revestimento	49,1
205,8	49,2	126,4 Cisalhamento Revestimento	49,2
206,2	49,4	127,0 Cisalhamento Revestimento	49,4
206,6	49,5	127,7 Cisalhamento Revestimento	49,5
207,0	49,7	128,3 Cisalhamento Revestimento	49,7
207,4	49,9	129,0 Cisalhamento Revestimento	49,9
207,8	50,1	129,7 Cisalhamento Revestimento	50,1
208,2	50,3	130,5 Cisalhamento Revestimento	50,3
208,6	50,4	131,2 Cisalhamento Revestimento	50,4
209,0	50,6	131,9 Cisalhamento Revestimento	50,6
209,4	50,8	132,7 Cisalhamento Revestimento	50,8
209,8	51,0	133,5 Cisalhamento Revestimento	51,0
210,2	51,2	134,3 Cisalhamento Revestimento	51,2
210,6	51,4	135,1 Cisalhamento Revestimento	51,4
211,0	51,6	135,9 Cisalhamento Revestimento	51,6
211,4	51,9	136,7 Cisalhamento Revestimento	51,9
211,8	52,1	137,6 Cisalhamento Revestimento	52,1
212,2	52,3	138,5 Cisalhamento Revestimento	52,3
212,6	52,5	139,4 Cisalhamento Revestimento	52,5
213,0	52,8	140,3 Cisalhamento Revestimento	52,8
213,4	53,0	141,2 Cisalhamento Revestimento	53,0
213,8	53,3	142,2 Cisalhamento Revestimento	53,3
214,2	53,5	143,2 Cisalhamento Revestimento	53,5
214,6	53,8	144,2 Cisalhamento Revestimento	53,8
215,0	54,0	145,2 Cisalhamento Revestimento	54,0
215,4	54,3	146,2 Cisalhamento Revestimento	54,3
215,8	54,5	147,3 Cisalhamento Revestimento	54,5
216,2	54,8	148,3 Cisalhamento Revestimento	54,8
216,6	55,1	149,4 Cisalhamento Revestimento	55,1
217,0	55,4	150,6 Cisalhamento Revestimento	55,4
217,4	55,7	151,7 Cisalhamento Revestimento	55,7
217,8	56,0	152,9 Cisalhamento Revestimento	56,0
218,2	56,3	154,1 Cisalhamento Revestimento	56,3
218,6	56,6	155,3 Cisalhamento Revestimento	56,6
219,0	56,9	156,6 Cisalhamento Revestimento	56,9
219,4	57,2	157,9 Cisalhamento Revestimento	57,2
219,8	57,5	159,2 Cisalhamento Revestimento	57,5
220,2	57,9	160,5 Cisalhamento Revestimento	57,9
220,6	58,2	161,9 Cisalhamento Revestimento	58,2
221,0	58,6	163,3 Cisalhamento Revestimento	58,6
221,4	58,9	164,8 Cisalhamento Revestimento	58,9
221,8	59,3	166,2 Cisalhamento Revestimento	59,3
222,2	59,6	167,8 Cisalhamento Revestimento	59,6
222,6	60,0	169,3 Cisalhamento Revestimento	60,0
223,0	60,4	170,9 Cisalhamento Revestimento	60,4
223,4	60,8	172,5 Cisalhamento Revestimento	60,8
223,8	61,2	174,2 Cisalhamento Revestimento	61,2

224,2	61,6	175,9 Cisalhamento Revestimento	61,6
224,6	62,0	177,6 Cisalhamento Revestimento	62,0
225,1	62,4	179,4 Cisalhamento Revestimento	62,4
225,5	62,9	181,2 Cisalhamento Revestimento	62,9
225,9	63,3	183,1 Cisalhamento Revestimento	63,3
226,3	63,8	185,1 Cisalhamento Revestimento	63,8
226,7	64,2	187,0 Cisalhamento Revestimento	64,2
227,1	64,7	189,1 Cisalhamento Revestimento	64,7
227,5	65,2	191,1 Cisalhamento Revestimento	65,2
227,9	65,7	193,3 Cisalhamento Revestimento	65,7
228,3	66,2	195,5 Cisalhamento Revestimento	66,2
228,7	66,7	197,8 Cisalhamento Revestimento	66,7
229,1	67,2	200,1 Cisalhamento Revestimento	67,2
229,5	67,8	202,5 Cisalhamento Revestimento	67,8
229,9	68,3	204,9 Cisalhamento Revestimento	68,3
230,3	68,9	207,4 Cisalhamento Revestimento	68,9
230,7	69,5	210,1 Cisalhamento Revestimento	69,5
231,1	70,0	212,7 Cisalhamento Revestimento	70,0
231,5	70,6	215,5 Cisalhamento Revestimento	70,6
231,9	71,3	218,3 Cisalhamento Revestimento	71,3
232,3	71,9	221,3 Cisalhamento Revestimento	71,9
232,7	72,5	224,3 Cisalhamento Revestimento	72,5
233,1	73,2	227,4 Cisalhamento Revestimento	73,2
233,5	73,9	230,6 Cisalhamento Revestimento	73,9
233,9	74,6	233,9 Cisalhamento Revestimento	74,6
234,3	75,3	237,3 Cisalhamento Revestimento	75,3
234,7	76,0	240,9 Cisalhamento Revestimento	76,0
235,1	76,8	244,5 Cisalhamento Revestimento	76,8
235,5	77,5	248,3 Cisalhamento Revestimento	77,5
235,9	78,3	252,2 Cisalhamento Revestimento	78,3
236,3	79,1	256,3 Cisalhamento Revestimento	79,1
236,7	79,9	260,5 Cisalhamento Revestimento	79,9
237,1	80,8	264,8 Cisalhamento Revestimento	80,8
237,5	81,6	269,3 Cisalhamento Revestimento	81,6
237,9	82,5	274,0 Cisalhamento Revestimento	82,5
238,3	83,4	278,9 Cisalhamento Revestimento	83,4
238,7	84,4	283,9 Cisalhamento Revestimento	84,4
239,1	85,3	289,2 Cisalhamento Revestimento	85,3
239,5	86,3	294,6 Cisalhamento Revestimento	86,3
239,9	87,4	300,3 Cisalhamento Revestimento	87,4
240,3	88,4	306,3 Cisalhamento Revestimento	88,4
240,7	89,5	312,4 Cisalhamento Revestimento	89,5
241,1	90,6	318,9 Cisalhamento Revestimento	90,6
241,5	91,7	325,6 Cisalhamento Revestimento	91,7
241,9	92,9	332,7 Cisalhamento Revestimento	92,9
242,3	94,1	340,1 Cisalhamento Revestimento	94,1
242,7	95,4	347,8 Cisalhamento Revestimento	95,4

243,1	96,6	355,9 Cisalhamento Revestimento	96,6
243,5	98,0	364,4 Cisalhamento Revestimento	98,0
243,9	99,3	373,3 Cisalhamento Revestimento	99,3
244,3	100,7	382,8 Cisalhamento Revestimento	100,7
244,7	102,2	392,7 Cisalhamento Revestimento	102,2
245,1	103,7	403,2 Cisalhamento Revestimento	103,7
245,5	105,2	414,2 Cisalhamento Revestimento	105,2
245,9	106,8	425,9 Cisalhamento Revestimento	106,8
246,3	108,5	438,4 Cisalhamento Revestimento	108,5
246,7	110,2	451,5 Cisalhamento Revestimento	110,2
247,1	112,0	465,6 Cisalhamento Revestimento	112,0
247,5	113,8	480,5 Cisalhamento Revestimento	113,8
247,9	115,7	496,5 Cisalhamento Revestimento	115,7
248,3	117,7	513,6 Cisalhamento Revestimento	117,7
248,7	119,8	531,9 Cisalhamento Revestimento	119,8
249,1	121,9	551,6 Cisalhamento Revestimento	121,9
249,5	124,1	572,9 Cisalhamento Revestimento	124,1
249,9	126,4	595,9 Cisalhamento Revestimento	126,4
250,3	128,8	620,9 Cisalhamento Revestimento	128,8
250,7	131,3	648,1 Cisalhamento Revestimento	131,3
251,1	133,9	677,8 Cisalhamento Revestimento	133,9
251,5	136,7	710,3 Cisalhamento Revestimento	136,7
251,9	139,5	746,3 Cisalhamento Revestimento	139,5
252,3	142,5	786,1 Cisalhamento Revestimento	142,5
252,7	145,6	830,4 Cisalhamento Revestimento	145,6
253,1	148,8	880,0 Cisalhamento Revestimento	148,8
253,5	152,2	936,0 Cisalhamento Revestimento	152,2
253,9	155,8	999,7 Cisalhamento Revestimento	155,8
254,3	159,5	1072,8 Cisalhamento Revestimento	159,5
254,7	163,5	1157,4 Cisalhamento Revestimento	163,5
255,1	167,6	1256,6 Cisalhamento Revestimento	167,6
255,5	172,0	1374,4 Cisalhamento Revestimento	172,0
255,9	176,6	1516,7 Cisalhamento Revestimento	176,6
256,3	181,5	1692,0 Cisalhamento Revestimento	181,5
256,7	186,6	1913,2 Cisalhamento Revestimento	186,6
257,1	192,1	2201,1 Cisalhamento Revestimento	192,1
257,5	197,9	2591,1 Cisalhamento Revestimento	197,9
257,9	204,1	3149,2 Cisalhamento Revestimento	204,1
258,3	210,7	4013,9 Cisalhamento Revestimento	210,7
258,7	217,8	5533,8 Cisalhamento Revestimento	217,8
259,1	225,3	8906,6 Cisalhamento Revestimento	225,3
259,5	233,4	22811,7 Cisalhamento Revestimento	233,4
259,9	242,2	36529,9 Cisalhamento Revestimento	242,2
260,3	251,6	10436,5 Cisalhamento Revestimento	251,6
260,7	261,8	6088,1 Cisalhamento Revestimento	261,8
261,1	272,8	4297,6 Cisalhamento Revestimento	272,8
261,5	284,9	3321,1 Cisalhamento Revestimento	284,9

261,9	298,1	2706,3 Cisalhamento Revestimento	298,1
262,3	312,6	2283,6 Cisalhamento Revestimento	312,6
262,7	328,5	1975,3 Cisalhamento Revestimento	328,5
263,1	346,3	1740,3 Cisalhamento Revestimento	346,3
263,5	366,0	1555,4 Cisalhamento Revestimento	366,0
263,9	388,2	1406,1 Cisalhamento Revestimento	388,2
264,3	413,3	1283,0 Cisalhamento Revestimento	413,3
264,7	441,8	1179,7 Cisalhamento Revestimento	441,8
265,1	474,6	1091,9 Cisalhamento Revestimento	474,6
265,5	512,7	1016,3 Cisalhamento Revestimento	512,7
265,9	557,4	950,6 Cisalhamento Revestimento	557,4
266,3	610,8	892,8 Cisalhamento Revestimento	610,8
266,7	675,5	841,8 Cisalhamento Revestimento	675,5
267,1	755,5	796,2 Cisalhamento Revestimento	755,5
267,5	857,1	755,4 Cisalhamento Alma	755,4
267,9	990,3	718,6 Cisalhamento Alma	718,6
268,3	1172,7	685,3 Cisalhamento Alma	685,3
268,7	1437,4	654,9 Cisalhamento Alma	654,9
269,1	1856,6	627,2 Cisalhamento Alma	627,2
269,5	2621,3	601,7 Cisalhamento Alma	601,7
269,9	2322,9	578,2 Cisalhamento Alma	578,2
270,3	1701,7	556,6 Cisalhamento Alma	556,6
270,7	1342,7	536,5 Cisalhamento Alma	536,5
271,1	1108,9	517,8 Cisalhamento Alma	517,8
271,5	944,4	500,5 Cisalhamento Alma	500,5
271,9	822,5	484,2 Cisalhamento Alma	484,2
272,3	728,5	469,1 Cisalhamento Alma	469,1
272,7	653,8	454,8 Cisalhamento Alma	454,8
273,1	593,0	441,4 Cisalhamento Alma	441,4
273,5	542,6	428,8 Cisalhamento Alma	428,8
273,9	500,1	417,0 Cisalhamento Alma	417,0
274,3	463,8	405,7 Cisalhamento Alma	405,7
274,7	432,4	395,1 Cisalhamento Alma	395,1
275,1	405,0	385,1 Cisalhamento Alma	385,1
275,5	380,9	375,6 Cisalhamento Alma	375,6
275,9	359,6	366,5 Cisalhamento Revestimento	359,6
276,3	340,5	357,9 Cisalhamento Revestimento	340,5
276,7	323,3	349,7 Cisalhamento Revestimento	323,3
277,1	307,8	341,9 Cisalhamento Revestimento	307,8
277,5	293,8	334,4 Cisalhamento Revestimento	293,8
277,9	281,0	327,3 Cisalhamento Revestimento	281,0
278,3	269,2	320,5 Cisalhamento Revestimento	269,2
278,7	258,5	313,9 Cisalhamento Revestimento	258,5
279,1	248,5	307,7 Cisalhamento Revestimento	248,5
279,5	239,3	301,7 Cisalhamento Revestimento	239,3
279,9	230,8	296,0 Cisalhamento Revestimento	230,8
280,3	222,9	290,5 Cisalhamento Revestimento	222,9



280,7	215,5	285,2 Cisalhamento Revestimento	215,5
281,1	208,6	280,1 Cisalhamento Revestimento	208,6
281,5	202,1	275,2 Cisalhamento Revestimento	202,1
281,9	196,0	270,4 Cisalhamento Revestimento	196,0
282,3	190,3	265,9 Cisalhamento Revestimento	190,3
282,7	185,0	261,5 Cisalhamento Revestimento	185,0
283,1	179,9	257,3 Cisalhamento Revestimento	179,9
283,5	175,1	253,2 Cisalhamento Revestimento	175,1
283,9	170,6	249,2 Cisalhamento Revestimento	170,6
284,3	166,3	245,4 Cisalhamento Revestimento	166,3
284,7	162,2	241,7 Cisalhamento Revestimento	162,2
285,1	158,3	238,2 Cisalhamento Revestimento	158,3
285,5	154,6	234,7 Cisalhamento Revestimento	154,6
285,9	151,1	231,4 Cisalhamento Revestimento	151,1
286,3	147,7	228,1 Cisalhamento Revestimento	147,7
286,7	144,6	225,0 Cisalhamento Revestimento	144,6
287,1	141,5	222,0 Cisalhamento Revestimento	141,5
287,5	138,6	219,0 Cisalhamento Revestimento	138,6
287,9	135,8	216,2 Cisalhamento Revestimento	135,8
288,3	133,1	213,4 Cisalhamento Revestimento	133,1
288,7	130,5	210,7 Cisalhamento Revestimento	130,5
289,1	128,1	208,1 Cisalhamento Revestimento	128,1
289,5	125,7	205,5 Cisalhamento Revestimento	125,7
289,9	123,4	203,0 Cisalhamento Revestimento	123,4
290,3	121,2	200,6 Cisalhamento Revestimento	121,2
290,7	119,1	198,3 Cisalhamento Revestimento	119,1
291,1	117,1	196,0 Cisalhamento Revestimento	117,1
291,5	115,1	193,8 Cisalhamento Revestimento	115,1
291,9	113,2	191,6 Cisalhamento Revestimento	113,2
292,3	111,4	189,5 Cisalhamento Revestimento	111,4
292,7	109,7	187,5 Cisalhamento Revestimento	109,7
293,1	108,0	185,5 Cisalhamento Revestimento	108,0
293,5	106,3	183,6 Cisalhamento Revestimento	106,3
293,9	104,7	181,7 Cisalhamento Revestimento	104,7
294,3	103,2	179,8 Cisalhamento Revestimento	103,2
294,7	101,7	178,0 Cisalhamento Revestimento	101,7
295,1	100,3	176,3 Cisalhamento Revestimento	100,3
295,5	98,9	174,6 Cisalhamento Revestimento	98,9
295,9	97,5	172,9 Cisalhamento Revestimento	97,5
296,3	96,2	171,3 Cisalhamento Revestimento	96,2
296,7	94,9	169,7 Cisalhamento Revestimento	94,9
297,1	93,7	168,1 Cisalhamento Revestimento	93,7
297,5	92,5	166,6 Cisalhamento Revestimento	92,5
297,9	91,4	165,1 Cisalhamento Revestimento	91,4
298,3	90,2	163,7 Cisalhamento Revestimento	90,2
298,7	89,1	162,2 Cisalhamento Revestimento	89,1
299,1	88,1	160,9 Cisalhamento Revestimento	88,1

299,5	87,0	159,5 Cisalhamento Revestimento	87,0
299,9	86,0	158,2 Cisalhamento Revestimento	86,0
300,3	85,0	156,9 Cisalhamento Revestimento	85,0
300,7	84,1	155,6 Cisalhamento Revestimento	84,1
301,1	83,1	154,4 Cisalhamento Revestimento	83,1
301,5	82,2	153,2 Cisalhamento Revestimento	82,2
301,9	81,4	152,0 Cisalhamento Revestimento	81,4
302,3	80,5	150,8 Cisalhamento Revestimento	80,5
302,7	79,7	149,7 Cisalhamento Revestimento	79,7
303,1	78,8	148,6 Cisalhamento Revestimento	78,8
303,5	78,0	147,5 Cisalhamento Revestimento	78,0
303,9	77,3	146,4 Cisalhamento Revestimento	77,3
304,3	76,5	145,4 Cisalhamento Revestimento	76,5
304,7	75,8	144,4 Cisalhamento Revestimento	75,8
305,1	75,0	143,4 Cisalhamento Revestimento	75,0
305,5	74,3	142,4 Cisalhamento Revestimento	74,3
305,9	73,7	141,5 Cisalhamento Revestimento	73,7
306,3	73,0	140,5 Cisalhamento Revestimento	73,0
306,7	72,3	139,6 Cisalhamento Revestimento	72,3
307,1	71,7	138,7 Cisalhamento Revestimento	71,7
307,5	71,1	137,8 Cisalhamento Revestimento	71,1
307,9	70,4	136,9 Cisalhamento Revestimento	70,4
308,3	69,8	136,1 Cisalhamento Revestimento	69,8
308,7	69,3	135,3 Cisalhamento Revestimento	69,3
309,1	68,7	134,5 Cisalhamento Revestimento	68,7
309,5	68,1	133,7 Cisalhamento Revestimento	68,1
309,9	67,6	132,9 Cisalhamento Revestimento	67,6
310,3	67,1	132,1 Cisalhamento Revestimento	67,1
310,7	66,5	131,4 Cisalhamento Revestimento	66,5
311,1	66,0	130,6 Cisalhamento Revestimento	66,0
311,5	65,5	129,9 Cisalhamento Revestimento	65,5
311,9	65,0	129,2 Cisalhamento Revestimento	65,0
312,3	64,5	128,5 Cisalhamento Revestimento	64,5
312,7	64,1	127,8 Cisalhamento Revestimento	64,1
313,1	63,6	127,2 Cisalhamento Revestimento	63,6
313,5	63,2	126,5 Cisalhamento Revestimento	63,2
313,9	62,7	125,9 Cisalhamento Revestimento	62,7
314,3	62,3	125,2 Cisalhamento Revestimento	62,3
314,7	61,9	124,6 Cisalhamento Revestimento	61,9
315,2	61,5	124,0 Cisalhamento Revestimento	61,5
315,6	61,1	123,4 Cisalhamento Revestimento	61,1
316,0	60,7	122,9 Cisalhamento Revestimento	60,7
316,4	60,3	122,3 Cisalhamento Revestimento	60,3
316,8	59,9	121,7 Cisalhamento Revestimento	59,9
317,2	59,5	121,2 Cisalhamento Revestimento	59,5
317,6	59,1	120,6 Cisalhamento Revestimento	59,1
318,0	58,8	120,1 Cisalhamento Revestimento	58,8

318,4	58,4	119,6 Cisalhamento Revestimento	58,4
318,8	58,1	119,1 Cisalhamento Revestimento	58,1
319,2	57,7	118,6 Cisalhamento Revestimento	57,7
319,6	57,4	118,1 Cisalhamento Revestimento	57,4
320,0	57,1	117,6 Cisalhamento Revestimento	57,1
320,4	56,8	117,2 Cisalhamento Revestimento	56,8
320,8	56,5	116,7 Cisalhamento Revestimento	56,5
321,2	56,2	116,3 Cisalhamento Revestimento	56,2
321,6	55,9	115,8 Cisalhamento Revestimento	55,9
322,0	55,6	115,4 Cisalhamento Revestimento	55,6
322,4	55,3	115,0 Cisalhamento Revestimento	55,3
322,8	55,0	114,6 Cisalhamento Revestimento	55,0
323,2	54,7	114,2 Cisalhamento Revestimento	54,7
323,6	54,4	113,8 Cisalhamento Revestimento	54,4
324,0	54,2	113,4 Cisalhamento Revestimento	54,2
324,4	53,9	113,0 Cisalhamento Revestimento	53,9
324,8	53,7	112,6 Cisalhamento Revestimento	53,7
325,2	53,4	112,3 Cisalhamento Revestimento	53,4
325,6	53,2	111,9 Cisalhamento Revestimento	53,2
326,0	52,9	111,6 Cisalhamento Revestimento	52,9
326,4	52,7	111,2 Cisalhamento Revestimento	52,7
326,8	52,5	110,9 Cisalhamento Revestimento	52,5
327,2	52,2	110,6 Cisalhamento Revestimento	52,2
327,6	52,0	110,3 Cisalhamento Revestimento	52,0
328,0	51,8	110,0 Cisalhamento Revestimento	51,8
328,4	51,6	109,6 Cisalhamento Revestimento	51,6
328,8	51,4	109,4 Cisalhamento Revestimento	51,4
329,2	51,2	109,1 Cisalhamento Revestimento	51,2
329,6	51,0	108,8 Cisalhamento Revestimento	51,0
330,0	50,8	108,5 Cisalhamento Revestimento	50,8
330,4	50,6	108,2 Cisalhamento Revestimento	50,6
330,8	50,4	108,0 Cisalhamento Revestimento	50,4
331,2	50,2	107,7 Cisalhamento Revestimento	50,2
331,6	50,0	107,5 Cisalhamento Revestimento	50,0
332,0	49,8	107,2 Cisalhamento Revestimento	49,8
332,4	49,7	107,0 Cisalhamento Revestimento	49,7
332,8	49,5	106,8 Cisalhamento Revestimento	49,5
333,2	49,3	106,5 Cisalhamento Revestimento	49,3
333,6	49,2	106,3 Cisalhamento Revestimento	49,2
334,0	49,0	106,1 Cisalhamento Revestimento	49,0
334,4	48,8	105,9 Cisalhamento Revestimento	48,8
334,8	48,7	105,7 Cisalhamento Revestimento	48,7
335,2	48,5	105,5 Cisalhamento Revestimento	48,5
335,6	48,4	105,3 Cisalhamento Revestimento	48,4
336,0	48,2	105,1 Cisalhamento Revestimento	48,2
336,4	48,1	105,0 Cisalhamento Revestimento	48,1
336,8	48,0	104,8 Cisalhamento Revestimento	48,0

337,2	47,8	104,6 Cisalhamento Revestimento	47,8
337,6	47,7	104,5 Cisalhamento Revestimento	47,7
338,0	47,6	104,3 Cisalhamento Revestimento	47,6
338,4	47,4	104,2 Cisalhamento Revestimento	47,4
338,8	47,3	104,0 Cisalhamento Revestimento	47,3
339,2	47,2	103,9 Cisalhamento Revestimento	47,2
339,6	47,1	103,7 Cisalhamento Revestimento	47,1
340,0	47,0	103,6 Cisalhamento Revestimento	47,0
340,4	46,9	103,5 Cisalhamento Revestimento	46,9
340,8	46,8	103,4 Cisalhamento Revestimento	46,8
341,2	46,7	103,3 Cisalhamento Revestimento	46,7
341,6	46,6	103,2 Cisalhamento Revestimento	46,6
342,0	46,5	103,1 Cisalhamento Revestimento	46,5
342,4	46,4	103,0 Cisalhamento Revestimento	46,4
342,8	46,3	102,9 Cisalhamento Revestimento	46,3
343,2	46,2	102,8 Cisalhamento Revestimento	46,2
343,6	46,1	102,7 Cisalhamento Revestimento	46,1
344,0	46,0	102,6 Cisalhamento Revestimento	46,0
344,4	45,9	102,6 Cisalhamento Revestimento	45,9
344,8	45,8	102,5 Cisalhamento Revestimento	45,8
345,2	45,8	102,4 Cisalhamento Revestimento	45,8
345,6	45,7	102,4 Cisalhamento Revestimento	45,7
346,0	45,6	102,3 Cisalhamento Revestimento	45,6
346,4	45,5	102,3 Cisalhamento Revestimento	45,5
346,8	45,5	102,2 Cisalhamento Revestimento	45,5
347,2	45,4	102,2 Cisalhamento Revestimento	45,4
347,6	45,3	102,2 Cisalhamento Revestimento	45,3
348,0	45,3	102,2 Cisalhamento Revestimento	45,3
348,4	45,2	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,2
348,8	45,2	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,2
349,2	45,1	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,1
349,6	45,0	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,0
350,0	45,0	102,1 Cisalhamento Revestimento	45,0
350,4	44,9	102,1 Cisalhamento Revestimento	44,9
350,8	44,9	102,1 Cisalhamento Revestimento	44,9
351,2	44,9	102,1 Cisalhamento Revestimento	44,9
351,6	44,8	102,2 Cisalhamento Revestimento	44,8
352,0	44,8	102,2 Cisalhamento Revestimento	44,8
352,4	44,7	102,2 Cisalhamento Revestimento	44,7
352,8	44,7	102,3 Cisalhamento Revestimento	44,7
353,2	44,7	102,3 Cisalhamento Revestimento	44,7
353,6	44,7	102,3 Cisalhamento Revestimento	44,7
354,0	44,6	102,4 Cisalhamento Revestimento	44,6
354,4	44,6	102,5 Cisalhamento Revestimento	44,6
354,8	44,6	102,5 Cisalhamento Revestimento	44,6
355,2	44,6	102,6 Cisalhamento Revestimento	44,6
355,6	44,5	102,7 Cisalhamento Revestimento	44,5

356,0	44,5	102,7 Cisalhamento Revestimento	44,5
356,4	44,5	102,8 Cisalhamento Revestimento	44,5
356,8	44,5	102,9 Cisalhamento Revestimento	44,5
357,2	44,5	103,0 Cisalhamento Revestimento	44,5
357,6	44,5	103,1 Cisalhamento Revestimento	44,5
358,0	44,5	103,2 Cisalhamento Revestimento	44,5
358,4	44,5	103,3 Cisalhamento Revestimento	44,5
358,8	44,5	103,4 Cisalhamento Revestimento	44,5
359,2	44,5	103,5 Cisalhamento Revestimento	44,5
359,6	44,5	103,6 Cisalhamento Revestimento	44,5
360,0	44,5	103,8 Cisalhamento Revestimento	44,5

B.1.2 Envelope  $MF_N \times MF_T$

Ângulo no Envelope	Tração Revestimento	Compressão Revestimento	Tração Alma	Compressão Alma	Falha	RF
0,0	442,3	391,4	2438,9	2456,1	Compressão Revestimento	391,4
0,4	446,0	387,7	2429,6	2457,8	Compressão Revestimento	387,7
0,8	449,4	383,9	2420,5	2459,6	Compressão Revestimento	383,9
1,2	452,6	380,2	2411,6	2461,6	Compressão Revestimento	380,2
1,6	455,4	376,6	2402,9	2463,7	Compressão Revestimento	376,6
2,0	457,7	373,0	2394,3	2465,9	Compressão Revestimento	373,0
2,4	456,8	369,3	2386,0	2468,2	Compressão Revestimento	369,3
2,8	455,6	365,7	2377,8	2470,7	Compressão Revestimento	365,7
3,2	454,4	362,2	2369,8	2473,3	Compressão Revestimento	362,2
3,6	453,3	358,7	2361,9	2476,0	Compressão Revestimento	358,7
4,0	452,3	355,4	2354,3	2478,8	Compressão Revestimento	355,4
4,4	451,2	352,0	2346,7	2481,8	Compressão Revestimento	352,0
4,8	450,2	348,6	2339,4	2484,9	Compressão Revestimento	348,6
5,2	449,2	345,2	2332,2	2488,1	Compressão Revestimento	345,2
5,6	448,2	342,0	2325,2	2491,5	Compressão Revestimento	342,0
6,0	447,2	338,7	2318,3	2494,9	Compressão Revestimento	338,7
6,4	446,3	335,4	2311,5	2498,6	Compressão Revestimento	335,4
6,8	445,4	332,1	2305,0	2502,3	Compressão Revestimento	332,1
7,2	444,5	329,0	2298,5	2506,2	Compressão Revestimento	329,0
7,6	443,7	325,9	2292,3	2510,2	Compressão Revestimento	325,9
8,0	442,9	322,9	2286,1	2514,4	Compressão Revestimento	322,9
8,4	442,1	319,9	2280,1	2518,7	Compressão Revestimento	319,9
8,8	441,3	317,1	2274,3	2523,1	Compressão Revestimento	317,1
9,2	440,5	314,2	2268,6	2527,7	Compressão Revestimento	314,2
9,6	439,8	311,5	2263,0	2532,4	Compressão Revestimento	311,5
10,0	439,1	308,6	2257,6	2537,2	Compressão Revestimento	308,6
10,4	438,4	305,8	2252,3	2542,2	Compressão Revestimento	305,8
10,8	437,8	303,1	2247,1	2547,3	Compressão Revestimento	303,1
11,2	437,1	300,4	2242,1	2552,6	Compressão Revestimento	300,4
11,6	436,5	297,7	2237,2	2558,1	Compressão Revestimento	297,7
12,0	435,9	294,9	2232,4	2563,6	Compressão Revestimento	294,9
12,4	435,4	292,3	2227,8	2569,4	Compressão Revestimento	292,3
12,8	434,8	289,7	2223,3	2575,3	Compressão Revestimento	289,7
13,2	434,3	287,2	2218,9	2581,3	Compressão Revestimento	287,2
13,6	433,8	284,8	2214,6	2587,5	Compressão Revestimento	284,8
14,0	433,3	282,3	2210,5	2593,8	Compressão Revestimento	282,3
14,4	432,9	280,0	2206,5	2600,3	Compressão Revestimento	280,0
14,8	432,5	277,7	2202,6	2607,0	Compressão Revestimento	277,7
15,2	432,1	275,4	2198,8	2613,8	Compressão Revestimento	275,4
15,6	431,7	273,2	2195,2	2620,8	Compressão Revestimento	273,2
16,0	431,3	270,9	2191,6	2628,0	Compressão Revestimento	270,9
16,4	431,0	268,7	2188,2	2635,3	Compressão Revestimento	268,7
16,8	430,6	266,5	2184,9	2642,8	Compressão Revestimento	266,5
17,2	430,3	264,3	2181,7	2650,5	Compressão Revestimento	264,3

17,6	430,1	262,2	2178,7	2658,3	Compressão Revestimento	262,2
18,0	429,8	260,2	2175,7	2666,4	Compressão Revestimento	260,2
18,4	429,6	258,2	2172,9	2674,6	Compressão Revestimento	258,2
18,8	429,4	256,2	2170,2	2682,9	Compressão Revestimento	256,2
19,2	429,2	254,2	2167,5	2691,5	Compressão Revestimento	254,2
19,6	429,0	252,2	2165,1	2700,3	Compressão Revestimento	252,2
20,0	428,8	250,3	2162,7	2709,2	Compressão Revestimento	250,3
20,4	428,7	248,4	2160,4	2718,4	Compressão Revestimento	248,4
20,8	428,6	246,5	2158,2	2727,7	Compressão Revestimento	246,5
21,2	428,5	244,7	2156,2	2737,2	Compressão Revestimento	244,7
21,6	428,5	242,9	2154,2	2747,0	Compressão Revestimento	242,9
22,0	428,4	241,1	2152,4	2756,9	Compressão Revestimento	241,1
22,4	428,4	239,4	2150,7	2767,0	Compressão Revestimento	239,4
22,8	428,4	237,6	2149,0	2777,4	Compressão Revestimento	237,6
23,2	428,4	235,9	2147,5	2788,0	Compressão Revestimento	235,9
23,6	428,4	234,2	2146,1	2798,8	Compressão Revestimento	234,2
24,0	428,5	232,5	2144,8	2809,8	Compressão Revestimento	232,5
24,4	428,6	230,8	2143,6	2821,0	Compressão Revestimento	230,8
24,8	428,7	229,2	2142,5	2832,5	Compressão Revestimento	229,2
25,2	428,8	227,7	2141,5	2844,2	Compressão Revestimento	227,7
25,6	428,9	226,1	2140,7	2856,1	Compressão Revestimento	226,1
26,0	429,1	224,6	2139,9	2868,3	Compressão Revestimento	224,6
26,4	429,3	223,1	2139,2	2880,7	Compressão Revestimento	223,1
26,8	429,5	221,7	2138,6	2893,4	Compressão Revestimento	221,7
27,2	429,7	220,3	2138,2	2906,3	Compressão Revestimento	220,3
27,6	430,0	218,9	2137,8	2919,5	Compressão Revestimento	218,9
28,0	430,2	217,5	2137,6	2933,0	Compressão Revestimento	217,5
28,4	430,5	216,1	2137,4	2946,7	Compressão Revestimento	216,1
28,8	430,8	214,7	2137,4	2960,7	Compressão Revestimento	214,7
29,2	431,2	213,3	2137,5	2975,0	Compressão Revestimento	213,3
29,6	431,5	212,0	2137,6	2989,5	Compressão Revestimento	212,0
30,0	431,9	210,7	2137,9	3004,4	Compressão Revestimento	210,7
30,4	432,3	209,4	2138,3	3019,5	Compressão Revestimento	209,4
30,8	432,7	208,1	2138,8	3035,0	Compressão Revestimento	208,1
31,2	433,2	206,9	2139,3	3050,7	Compressão Revestimento	206,9
31,6	433,6	205,7	2140,0	3066,8	Compressão Revestimento	205,7
32,0	434,1	204,5	2140,8	3083,2	Compressão Revestimento	204,5
32,4	434,6	203,4	2141,7	3099,9	Compressão Revestimento	203,4
32,8	435,2	202,2	2142,7	3117,0	Compressão Revestimento	202,2
33,2	435,7	201,1	2143,9	3134,4	Compressão Revestimento	201,1
33,6	436,3	200,0	2145,1	3152,1	Compressão Revestimento	200,0
34,0	436,9	198,9	2146,4	3170,2	Compressão Revestimento	198,9
34,4	437,5	197,8	2147,8	3188,7	Compressão Revestimento	197,8
34,8	438,2	196,7	2149,4	3207,6	Compressão Revestimento	196,7
35,2	438,8	195,6	2151,0	3226,8	Compressão Revestimento	195,6
35,6	439,5	194,6	2152,8	3246,4	Compressão Revestimento	194,6
36,0	440,2	193,5	2154,6	3266,5	Compressão Revestimento	193,5



36,4	441,0	192,5	2156,6	3286,9	Compressão Revestimento	192,5
36,8	441,7	191,5	2158,7	3307,7	Compressão Revestimento	191,5
37,2	442,5	190,5	2160,9	3329,0	Compressão Revestimento	190,5
37,6	443,4	189,5	2163,2	3350,8	Compressão Revestimento	189,5
38,0	444,2	188,6	2165,6	3372,9	Compressão Revestimento	188,6
38,4	445,1	187,7	2168,1	3395,6	Compressão Revestimento	187,7
38,8	445,9	186,8	2170,7	3418,7	Compressão Revestimento	186,8
39,2	446,9	185,9	2173,5	3442,3	Compressão Revestimento	185,9
39,6	447,8	185,0	2176,3	3466,4	Compressão Revestimento	185,0
40,0	448,8	184,2	2179,3	3491,0	Compressão Revestimento	184,2
40,4	449,8	183,3	2182,4	3516,1	Compressão Revestimento	183,3
40,8	450,8	182,4	2185,6	3541,8	Compressão Revestimento	182,4
41,2	451,8	181,6	2188,9	3568,0	Compressão Revestimento	181,6
41,6	452,9	180,7	2192,4	3594,8	Compressão Revestimento	180,7
42,0	454,0	179,9	2195,9	3622,2	Compressão Revestimento	179,9
42,4	455,1	179,0	2199,6	3650,2	Compressão Revestimento	179,0
42,8	456,3	178,2	2203,4	3678,8	Compressão Revestimento	178,2
43,2	457,5	177,4	2207,3	3708,0	Compressão Revestimento	177,4
43,6	458,7	176,7	2211,3	3737,9	Compressão Revestimento	176,7
44,0	459,9	175,9	2215,5	3768,5	Compressão Revestimento	175,9
44,4	461,2	175,1	2219,8	3799,7	Compressão Revestimento	175,1
44,8	462,5	174,4	2224,2	3831,7	Compressão Revestimento	174,4
45,3	463,8	173,7	2228,7	3864,4	Compressão Revestimento	173,7
45,7	465,2	173,0	2233,4	3897,8	Compressão Revestimento	173,0
46,1	466,6	172,3	2238,2	3932,0	Compressão Revestimento	172,3
46,5	468,0	171,6	2243,1	3967,0	Compressão Revestimento	171,6
46,9	469,4	171,0	2248,2	4002,9	Compressão Revestimento	171,0
47,3	470,9	170,3	2253,4	4039,6	Compressão Revestimento	170,3
47,7	472,5	169,7	2258,7	4077,2	Compressão Revestimento	169,7
48,1	474,0	169,1	2264,2	4115,7	Compressão Revestimento	169,1
48,5	475,6	168,5	2269,8	4155,1	Compressão Revestimento	168,5
48,9	477,2	167,8	2275,5	4195,5	Compressão Revestimento	167,8
49,3	478,9	167,2	2281,4	4236,9	Compressão Revestimento	167,2
49,7	480,6	166,5	2287,4	4279,3	Compressão Revestimento	166,5
50,1	482,3	165,9	2293,6	4322,8	Compressão Revestimento	165,9
50,5	484,0	165,3	2299,9	4367,5	Compressão Revestimento	165,3
50,9	485,8	164,7	2306,3	4413,2	Compressão Revestimento	164,7
51,3	487,7	164,1	2313,0	4460,2	Compressão Revestimento	164,1
51,7	489,6	163,6	2319,7	4508,4	Compressão Revestimento	163,6
52,1	491,5	163,0	2326,6	4557,8	Compressão Revestimento	163,0
52,5	493,4	162,5	2333,7	4608,6	Compressão Revestimento	162,5
52,9	495,4	161,9	2340,9	4660,8	Compressão Revestimento	161,9
53,3	497,4	161,4	2348,3	4714,4	Compressão Revestimento	161,4
53,7	499,5	160,9	2355,9	4769,5	Compressão Revestimento	160,9
54,1	501,6	160,4	2363,6	4826,1	Compressão Revestimento	160,4
54,5	503,8	159,9	2371,5	4884,3	Compressão Revestimento	159,9
54,9	506,0	159,4	2379,5	4944,2	Compressão Revestimento	159,4

55,3	508,2	158,9	2387,7	5005,8	Compressão Revestimento	158,9
55,7	510,5	158,5	2396,1	5069,3	Compressão Revestimento	158,5
56,1	512,9	158,0	2404,7	5134,6	Compressão Revestimento	158,0
56,5	515,2	157,6	2413,5	5201,8	Compressão Revestimento	157,6
56,9	517,7	157,2	2422,4	5271,2	Compressão Revestimento	157,2
57,3	520,2	156,7	2431,5	5342,6	Compressão Revestimento	156,7
57,7	522,7	156,3	2440,8	5416,3	Compressão Revestimento	156,3
58,1	525,3	155,9	2450,3	5492,3	Compressão Revestimento	155,9
58,5	527,9	155,5	2460,0	5570,8	Compressão Revestimento	155,5
58,9	530,6	155,2	2469,9	5651,8	Compressão Revestimento	155,2
59,3	533,3	154,8	2480,0	5735,5	Compressão Revestimento	154,8
59,7	536,1	154,4	2490,3	5822,0	Compressão Revestimento	154,4
60,1	539,0	154,1	2500,9	5911,4	Compressão Revestimento	154,1
60,5	541,9	153,6	2511,6	6004,0	Compressão Revestimento	153,6
60,9	544,8	153,2	2522,5	6099,7	Compressão Revestimento	153,2
61,3	547,8	152,9	2533,7	6198,9	Compressão Revestimento	152,9
61,7	550,9	152,5	2545,1	6301,7	Compressão Revestimento	152,5
62,1	554,1	152,1	2556,7	6408,2	Compressão Revestimento	152,1
62,5	557,3	151,7	2568,5	6518,8	Compressão Revestimento	151,7
62,9	560,6	151,4	2580,6	6633,6	Compressão Revestimento	151,4
63,3	563,9	151,1	2592,9	6752,8	Compressão Revestimento	151,1
63,7	567,3	150,7	2605,5	6876,7	Compressão Revestimento	150,7
64,1	570,8	150,4	2618,3	7005,6	Compressão Revestimento	150,4
64,5	574,3	150,1	2631,4	7139,8	Compressão Revestimento	150,1
64,9	577,9	149,8	2644,7	7279,5	Compressão Revestimento	149,8
65,3	581,6	149,5	2658,3	7425,3	Compressão Revestimento	149,5
65,7	585,4	149,2	2672,2	7577,3	Compressão Revestimento	149,2
66,1	589,3	148,9	2686,4	7736,1	Compressão Revestimento	148,9
66,5	593,2	148,6	2700,8	7902,1	Compressão Revestimento	148,6
66,9	597,2	148,4	2715,5	8075,8	Compressão Revestimento	148,4
67,3	601,3	148,1	2730,6	8257,7	Compressão Revestimento	148,1
67,7	605,5	147,9	2745,9	8448,4	Compressão Revestimento	147,9
68,1	609,8	147,6	2761,5	8648,6	Compressão Revestimento	147,6
68,5	614,1	147,4	2777,5	8858,9	Compressão Revestimento	147,4
68,9	618,6	147,2	2793,7	9080,1	Compressão Revestimento	147,2
69,3	623,1	146,9	2810,3	9313,2	Compressão Revestimento	146,9
69,7	627,8	146,7	2827,3	9559,0	Compressão Revestimento	146,7
70,1	632,5	146,5	2844,6	9818,6	Compressão Revestimento	146,5
70,5	637,4	146,3	2862,2	10093,3	Compressão Revestimento	146,3
70,9	642,4	146,1	2880,2	10384,2	Compressão Revestimento	146,1
71,3	647,4	146,0	2898,6	10693,0	Compressão Revestimento	146,0
71,7	652,6	145,8	2917,3	11021,3	Compressão Revestimento	145,8
72,1	657,9	145,5	2936,4	11370,9	Compressão Revestimento	145,5
72,5	663,3	145,3	2956,0	11744,0	Compressão Revestimento	145,3
72,9	668,9	145,1	2975,9	12143,1	Compressão Revestimento	145,1
73,3	674,5	144,9	2996,3	12570,8	Compressão Revestimento	144,9
73,7	680,3	144,7	3017,1	13030,5	Compressão Revestimento	144,7

74,1	686,3	144,5	3038,3	13525,7	Compressão Revestimento	144,5
74,5	692,3	144,3	3060,0	14060,8	Compressão Revestimento	144,3
74,9	698,6	144,1	3082,1	14640,7	Compressão Revestimento	144,1
75,3	704,9	143,9	3104,7	15271,3	Compressão Revestimento	143,9
75,7	711,4	143,7	3127,9	15959,4	Compressão Revestimento	143,7
76,1	718,1	143,6	3151,5	16713,4	Compressão Revestimento	143,6
76,5	725,0	143,4	3175,6	17543,0	Compressão Revestimento	143,4
76,9	732,0	143,3	3200,2	18460,2	Compressão Revestimento	143,3
77,3	739,1	143,1	3225,4	19479,6	Compressão Revestimento	143,1
77,7	746,5	143,0	3251,2	20619,3	Compressão Revestimento	143,0
78,1	754,0	142,9	3277,5	21901,7	Compressão Revestimento	142,9
78,5	761,8	142,7	3304,5	23355,5	Compressão Revestimento	142,7
78,9	769,7	142,6	3332,0	25017,3	Compressão Revestimento	142,6
79,3	777,8	142,5	3360,2	26935,1	Compressão Revestimento	142,5
79,7	786,2	142,4	3389,0	29172,9	Compressão Revestimento	142,4
80,1	794,7	142,3	3418,5	31818,0	Compressão Revestimento	142,3
80,5	803,5	142,3	3448,6	34992,3	Compressão Revestimento	142,3
80,9	812,6	142,2	3479,5	38872,4	Compressão Revestimento	142,2
81,3	821,8	142,1	3511,1	43722,6	Compressão Revestimento	142,1
81,7	831,4	142,0	3543,5	49958,6	Compressão Revestimento	142,0
82,1	841,2	142,0	3576,6	58272,6	Compressão Revestimento	142,0
82,5	851,2	141,9	3610,6	69910,3	Compressão Revestimento	141,9
82,9	861,6	141,9	3645,3	87361,7	Compressão Revestimento	141,9
83,3	872,3	141,9	3681,0	116431,8	Compressão Revestimento	141,9
83,7	883,2	141,8	3717,5	174509,2	Compressão Revestimento	141,8
84,1	894,5	141,8	3754,9	348224,2	Compressão Revestimento	141,8
84,5	906,2	141,8	3793,3	77332240,7	Compressão Revestimento	141,8
84,9	918,1	141,8	3832,7	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
85,3	930,5	141,8	3873,1	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
85,7	943,2	141,8	3914,5	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
86,1	956,4	141,8	3957,0	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
86,5	969,9	141,8	4000,7	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
86,9	983,9	141,9	4045,5	10000,0	Compressão Revestimento	141,9
87,3	998,4	141,9	4091,6	10000,0	Compressão Revestimento	141,9
87,7	1013,3	141,9	4138,9	10000,0	Compressão Revestimento	141,9
88,1	1028,7	142,0	4187,5	10000,0	Compressão Revestimento	142,0
88,5	1044,7	142,0	4237,5	10000,0	Compressão Revestimento	142,0
88,9	1061,2	142,1	4289,0	10000,0	Compressão Revestimento	142,1
89,3	1078,3	142,2	4341,9	10000,0	Compressão Revestimento	142,2
89,7	1096,1	142,2	4396,3	10000,0	Compressão Revestimento	142,2
90,1	1114,4	142,3	4452,3	10000,0	Compressão Revestimento	142,3
90,5	1133,5	142,2	4510,0	10000,0	Compressão Revestimento	142,2
90,9	1153,3	142,1	4569,5	10000,0	Compressão Revestimento	142,1
91,3	1173,8	142,1	4630,8	10000,0	Compressão Revestimento	142,1
91,7	1195,1	142,0	4693,9	10000,0	Compressão Revestimento	142,0
92,1	1217,3	142,0	4759,1	10000,0	Compressão Revestimento	142,0
92,5	1240,4	141,9	4826,3	10000,0	Compressão Revestimento	141,9

92,9	1264,5	141,9	4895,7	10000,0	Compressão Revestimento	141,9
93,3	1289,5	141,9	4967,4	10000,0	Compressão Revestimento	141,9
93,7	1315,7	141,8	5041,4	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
94,1	1342,9	141,8	5117,9	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
94,5	1371,5	141,8	5197,1	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
94,9	1401,3	141,8	5279,0	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
95,3	1432,5	141,8	5363,8	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
95,7	1465,2	141,8	5451,6	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
96,1	1499,5	141,8	5542,6	10000,0	Compressão Revestimento	141,8
96,5	1535,6	141,9	5637,0	10000,0	Compressão Revestimento	141,9
96,9	1573,5	141,9	5735,0	10000,0	Compressão Revestimento	141,9
97,3	1613,3	141,9	5836,7	10000,0	Compressão Revestimento	141,9
97,7	1655,4	142,0	5942,4	10000,0	Compressão Revestimento	142,0
98,1	1699,8	142,1	6052,3	10000,0	Compressão Revestimento	142,1
98,5	1746,7	142,1	6166,6	10000,0	Compressão Revestimento	142,1
98,9	1796,4	142,2	6285,6	10000,0	Compressão Revestimento	142,2
99,3	1825,3	142,3	6409,7	10000,0	Compressão Revestimento	142,3
99,7	1778,4	142,3	6539,0	10000,0	Compressão Revestimento	142,3
100,1	1733,9	142,4	6674,1	10000,0	Compressão Revestimento	142,4
100,5	1691,6	142,5	6815,1	10000,0	Compressão Revestimento	142,5
100,9	1651,4	142,6	6962,6	10000,0	Compressão Revestimento	142,6
101,3	1613,2	142,7	7117,0	10000,0	Compressão Revestimento	142,7
101,7	1576,8	142,9	7278,7	10000,0	Compressão Revestimento	142,9
102,1	1542,1	143,0	7448,4	10000,0	Compressão Revestimento	143,0
102,5	1508,9	143,1	7626,5	10000,0	Compressão Revestimento	143,1
102,9	1477,2	143,2	7737,6	10000,0	Compressão Revestimento	143,2
103,3	1446,8	143,4	7578,7	10000,0	Compressão Revestimento	143,4
103,7	1417,8	143,5	7426,6	10000,0	Compressão Revestimento	143,5
104,1	1390,0	143,7	7280,8	10000,0	Compressão Revestimento	143,7
104,5	1363,3	143,8	7141,0	10000,0	Compressão Revestimento	143,8
104,9	1337,7	144,0	7006,8	10000,0	Compressão Revestimento	144,0
105,3	1313,0	144,1	6877,8	10000,0	Compressão Revestimento	144,1
105,7	1289,4	144,3	6753,9	10000,0	Compressão Revestimento	144,3
106,1	1266,6	144,5	6634,6	10000,0	Compressão Revestimento	144,5
106,5	1244,7	144,7	6519,8	10000,0	Compressão Revestimento	144,7
106,9	1223,6	144,9	6409,2	10000,0	Compressão Revestimento	144,9
107,3	1203,2	145,1	6302,6	10000,0	Compressão Revestimento	145,1
107,7	1183,6	145,3	6199,8	10000,0	Compressão Revestimento	145,3
108,1	1164,7	145,5	6100,6	10000,0	Compressão Revestimento	145,5
108,5	1146,4	145,8	6004,8	10000,0	Compressão Revestimento	145,8
108,9	1128,7	146,0	5912,2	10000,0	Compressão Revestimento	146,0
109,3	1111,6	146,3	5822,8	10000,0	Compressão Revestimento	146,3
109,7	1095,1	146,5	5736,3	10000,0	Compressão Revestimento	146,5
110,1	1079,1	146,8	5652,5	10000,0	Compressão Revestimento	146,8
110,5	1063,7	147,1	5571,5	10000,0	Compressão Revestimento	147,1
110,9	1048,7	147,3	5493,0	10000,0	Compressão Revestimento	147,3
111,3	1034,2	147,6	5417,0	10000,0	Compressão Revestimento	147,6

111,7	1020,1	147,9	5343,3	10000,0	Compressão Revestimento	147,9
112,1	1006,4	148,2	5271,8	10000,0	Compressão Revestimento	148,2
112,5	993,2	148,5	5202,5	10000,0	Compressão Revestimento	148,5
112,9	980,3	148,9	5135,2	10000,0	Compressão Revestimento	148,9
113,3	967,9	149,2	5069,8	10000,0	Compressão Revestimento	149,2
113,7	955,8	149,5	5006,4	10000,0	Compressão Revestimento	149,5
114,1	944,0	149,9	4944,8	10000,0	Compressão Revestimento	149,9
114,5	932,6	150,2	4884,9	10000,0	Compressão Revestimento	150,2
114,9	921,4	150,6	4826,6	10000,0	Compressão Revestimento	150,6
115,3	910,6	151,0	4770,0	10000,0	Compressão Revestimento	151,0
115,7	900,1	151,4	4714,9	10000,0	Compressão Revestimento	151,4
116,1	889,9	151,7	4661,3	10000,0	Compressão Revestimento	151,7
116,5	879,9	152,2	4609,1	10000,0	Compressão Revestimento	152,2
116,9	870,2	152,6	4558,3	10000,0	Compressão Revestimento	152,6
117,3	860,8	153,0	4508,8	10000,0	Compressão Revestimento	153,0
117,7	851,6	153,4	4460,6	10000,0	Compressão Revestimento	153,4
118,1	842,6	153,8	4413,6	10000,0	Compressão Revestimento	153,8
118,5	833,9	154,1	4367,9	10000,0	Compressão Revestimento	154,1
118,9	825,3	154,4	4323,2	858763,4	Compressão Revestimento	154,4
119,3	817,0	154,7	4279,7	225514,4	Compressão Revestimento	154,7
119,7	808,9	155,0	4237,3	129803,9	Compressão Revestimento	155,0
120,1	801,0	155,3	4195,9	91131,3	Compressão Revestimento	155,3
120,5	793,3	155,6	4155,5	70215,4	Compressão Revestimento	155,6
120,9	785,8	156,0	4116,0	57110,5	Compressão Revestimento	156,0
121,3	778,4	156,3	4077,5	48130,0	Compressão Revestimento	156,3
121,7	771,3	156,7	4039,9	41591,8	Compressão Revestimento	156,7
122,1	764,2	157,0	4003,2	36619,1	Compressão Revestimento	157,0
122,5	757,4	157,4	3967,4	32709,9	Compressão Revestimento	157,4
122,9	750,7	157,8	3932,3	29556,1	Compressão Revestimento	157,8
123,3	744,2	158,1	3898,1	26958,2	Compressão Revestimento	158,1
123,7	737,8	158,5	3864,7	24781,2	Compressão Revestimento	158,5
124,1	731,6	159,0	3832,0	22930,6	Compressão Revestimento	159,0
124,5	725,5	159,4	3800,0	21338,1	Compressão Revestimento	159,4
124,9	719,5	159,8	3768,7	19953,4	Compressão Revestimento	159,8
125,3	713,7	160,2	3738,2	18738,3	Compressão Revestimento	160,2
125,7	707,9	160,7	3708,3	17663,5	Compressão Revestimento	160,7
126,1	702,4	161,1	3679,1	16706,1	Compressão Revestimento	161,1
126,5	696,9	161,6	3650,5	15847,9	Compressão Revestimento	161,6
126,9	691,6	162,1	3622,5	15074,3	Compressão Revestimento	162,1
127,3	686,3	162,6	3595,1	14373,3	Compressão Revestimento	162,6
127,7	681,2	163,1	3568,3	13735,3	Compressão Revestimento	163,1
128,1	676,2	163,6	3542,0	13152,1	Compressão Revestimento	163,6
128,5	671,3	164,1	3516,4	12617,0	Compressão Revestimento	164,1
128,9	666,5	164,6	3491,2	12124,3	Compressão Revestimento	164,6
129,3	661,8	165,2	3466,6	11669,2	Compressão Revestimento	165,2
129,7	657,2	165,8	3442,5	11247,6	Compressão Revestimento	165,8
130,1	652,7	166,3	3418,9	10855,9	Compressão Revestimento	166,3

130,5	648,3	166,9	3395,8	10491,0	Compressão Revestimento	166,9
130,9	644,0	167,5	3373,1	10150,4	Compressão Revestimento	167,5
131,3	639,7	168,1	3351,0	9831,6	Compressão Revestimento	168,1
131,7	635,6	168,7	3329,2	9532,7	Compressão Revestimento	168,7
132,1	631,5	169,4	3307,9	9251,9	Compressão Revestimento	169,4
132,5	627,5	170,0	3287,1	8987,6	Compressão Revestimento	170,0
132,9	623,6	170,7	3266,6	8738,3	Compressão Revestimento	170,7
133,3	619,8	171,3	3246,6	8503,0	Compressão Revestimento	171,3
133,7	616,1	172,0	3227,0	8280,3	Compressão Revestimento	172,0
134,1	612,4	172,7	3207,7	8069,5	Compressão Revestimento	172,7
134,5	608,8	173,4	3188,9	7869,4	Compressão Revestimento	173,4
134,9	605,3	174,2	3170,4	7679,4	Compressão Revestimento	174,2
135,4	601,8	174,9	3152,3	7498,8	Compressão Revestimento	174,9
135,8	598,4	175,7	3134,5	7326,7	Compressão Revestimento	175,7
136,2	595,1	176,4	3117,1	7162,8	Compressão Revestimento	176,4
136,6	591,8	177,2	3100,1	7006,3	Compressão Revestimento	177,2
137,0	588,6	178,0	3083,3	6856,9	Compressão Revestimento	178,0
137,4	585,5	178,9	3066,9	6714,0	Compressão Revestimento	178,9
137,8	582,4	179,7	3050,9	6577,3	Compressão Revestimento	179,7
138,2	579,4	180,5	3035,1	6446,3	Compressão Revestimento	180,5
138,6	576,5	181,4	3019,7	6320,8	Compressão Revestimento	181,4
139,0	573,6	182,3	3004,5	6200,3	Compressão Revestimento	182,3
139,4	570,8	183,2	2989,7	6084,7	Compressão Revestimento	183,2
139,8	568,0	184,1	2975,1	5973,6	Compressão Revestimento	184,1
140,2	565,2	185,1	2960,8	5866,7	Compressão Revestimento	185,1
140,6	562,6	186,0	2946,8	5763,9	Compressão Revestimento	186,0
141,0	560,0	187,0	2933,1	5664,8	Compressão Revestimento	187,0
141,4	557,4	188,0	2919,6	5569,4	Compressão Revestimento	188,0
141,8	554,9	189,1	2906,4	5477,5	Compressão Revestimento	189,1
142,2	552,4	190,1	2893,5	5388,7	Compressão Revestimento	190,1
142,6	550,0	191,2	2880,8	5303,1	Compressão Revestimento	191,2
143,0	547,6	192,2	2868,4	5220,4	Compressão Revestimento	192,2
143,4	545,3	193,3	2856,2	5140,4	Compressão Revestimento	193,3
143,8	543,0	194,5	2844,3	5063,2	Compressão Revestimento	194,5
144,2	540,8	195,6	2832,6	4988,4	Compressão Revestimento	195,6
144,6	538,6	196,8	2821,1	4916,1	Compressão Revestimento	196,8
145,0	536,4	198,0	2809,9	4846,0	Compressão Revestimento	198,0
145,4	534,3	199,2	2798,9	4778,2	Compressão Revestimento	199,2
145,8	532,3	200,5	2788,1	4712,5	Compressão Revestimento	200,5
146,2	530,2	201,7	2777,5	4648,7	Compressão Revestimento	201,7
146,6	528,3	203,0	2767,1	4586,9	Compressão Revestimento	203,0
147,0	526,3	204,4	2757,0	4527,0	Compressão Revestimento	204,4
147,4	524,4	205,7	2747,0	4468,8	Compressão Revestimento	205,7
147,8	522,6	207,1	2737,3	4412,3	Compressão Revestimento	207,1
148,2	520,8	208,5	2727,8	4357,4	Compressão Revestimento	208,5
148,6	519,0	210,0	2718,4	4304,0	Compressão Revestimento	210,0
149,0	517,2	211,4	2709,3	4252,2	Compressão Revestimento	211,4

149,4	515,5	212,9	2700,3	4201,8	Compressão Revestimento	212,9
149,8	513,8	214,5	2691,6	4152,8	Compressão Revestimento	214,5
150,2	512,2	216,0	2683,0	4105,1	Compressão Revestimento	216,0
150,6	510,6	217,5	2674,6	4058,7	Compressão Revestimento	217,5
151,0	509,0	219,0	2666,4	4013,5	Compressão Revestimento	219,0
151,4	507,5	220,5	2658,4	3969,5	Compressão Revestimento	220,5
151,8	506,0	222,1	2650,6	3926,6	Compressão Revestimento	222,1
152,2	504,6	223,7	2642,9	3884,9	Compressão Revestimento	223,7
152,6	503,1	225,4	2635,4	3844,2	Compressão Revestimento	225,4
153,0	501,7	227,0	2628,1	3804,5	Compressão Revestimento	227,0
153,4	500,4	228,8	2620,9	3765,9	Compressão Revestimento	228,8
153,8	499,0	230,5	2613,9	3728,2	Compressão Revestimento	230,5
154,2	497,7	232,3	2607,1	3691,4	Compressão Revestimento	232,3
154,6	496,4	234,1	2600,4	3655,5	Compressão Revestimento	234,1
155,0	495,2	236,0	2593,9	3620,5	Compressão Revestimento	236,0
155,4	494,0	237,9	2587,5	3586,3	Compressão Revestimento	237,9
155,8	492,8	239,9	2581,4	3552,9	Compressão Revestimento	239,9
156,2	491,7	241,9	2575,3	3520,4	Compressão Revestimento	241,9
156,6	490,5	243,9	2569,4	3488,5	Compressão Revestimento	243,9
157,0	489,4	246,0	2563,7	3457,4	Compressão Revestimento	246,0
157,4	488,4	248,1	2558,1	3427,1	Compressão Revestimento	248,1
157,8	487,3	250,3	2552,7	3397,4	Compressão Revestimento	250,3
158,2	486,3	252,6	2547,4	3368,4	Compressão Revestimento	252,6
158,6	485,3	254,9	2542,3	3340,0	Compressão Revestimento	254,9
159,0	484,4	257,1	2537,3	3312,3	Compressão Revestimento	257,1
159,4	483,5	259,4	2532,4	3285,2	Compressão Revestimento	259,4
159,8	482,6	261,7	2527,7	3258,7	Compressão Revestimento	261,7
160,2	481,7	264,0	2523,1	3232,8	Compressão Revestimento	264,0
160,6	480,8	266,4	2518,7	3207,4	Compressão Revestimento	266,4
161,0	480,0	268,9	2514,4	3182,6	Compressão Revestimento	268,9
161,4	479,2	271,4	2510,2	3158,3	Compressão Revestimento	271,4
161,8	478,5	274,0	2506,2	3134,6	Compressão Revestimento	274,0
162,2	477,7	276,7	2502,3	3111,3	Compressão Revestimento	276,7
162,6	477,0	279,4	2498,6	3088,6	Compressão Revestimento	279,4
163,0	476,3	282,2	2495,0	3066,3	Compressão Revestimento	282,2
163,4	475,6	285,0	2491,5	3044,5	Compressão Revestimento	285,0
163,8	475,0	287,8	2488,1	3023,1	Compressão Revestimento	287,8
164,2	474,4	290,6	2484,9	3002,2	Compressão Revestimento	290,6
164,6	473,8	293,5	2481,8	2981,7	Compressão Revestimento	293,5
165,0	473,2	296,5	2478,8	2961,7	Compressão Revestimento	296,5
165,4	472,7	299,5	2476,0	2942,0	Compressão Revestimento	299,5
165,8	472,2	302,6	2473,3	2922,8	Compressão Revestimento	302,6
166,2	471,7	305,8	2470,7	2903,9	Compressão Revestimento	305,8
166,6	471,2	309,1	2468,2	2885,4	Compressão Revestimento	309,1
167,0	470,8	312,4	2465,9	2867,3	Compressão Revestimento	312,4
167,4	470,3	315,7	2463,7	2849,6	Compressão Revestimento	315,7
167,8	469,9	319,1	2461,6	2832,2	Compressão Revestimento	319,1

168,2	469,6	322,5	2459,7	2815,2	Compressão Revestimento	322,5
168,6	469,1	326,0	2457,8	2798,5	Compressão Revestimento	326,0
169,0	468,3	329,6	2456,1	2782,1	Compressão Revestimento	329,6
169,4	467,6	333,3	2454,5	2766,1	Compressão Revestimento	333,3
169,8	466,8	337,0	2453,0	2750,3	Compressão Revestimento	337,0
170,2	465,6	340,6	2451,7	2734,9	Compressão Revestimento	340,6
170,6	464,1	344,4	2450,4	2719,8	Compressão Revestimento	344,4
171,0	462,6	348,2	2449,3	2705,0	Compressão Revestimento	348,2
171,4	461,1	352,2	2448,4	2690,5	Compressão Revestimento	352,2
171,8	459,0	356,2	2447,5	2676,3	Compressão Revestimento	356,2
172,2	456,8	360,4	2446,7	2662,3	Compressão Revestimento	360,4
172,6	454,6	364,4	2446,1	2648,6	Compressão Revestimento	364,4
173,0	452,1	368,6	2445,6	2635,2	Compressão Revestimento	368,6
173,4	449,4	372,8	2445,2	2622,1	Compressão Revestimento	372,8
173,8	446,6	377,2	2444,9	2609,2	Compressão Revestimento	377,2
174,2	443,6	381,4	2444,8	2596,5	Compressão Revestimento	381,4
174,6	440,5	385,7	2444,8	2584,1	Compressão Revestimento	385,7
175,0	437,3	389,9	2444,8	2572,0	Compressão Revestimento	389,9
175,4	433,9	394,2	2445,1	2560,1	Compressão Revestimento	394,2
175,8	430,4	398,5	2445,4	2548,4	Compressão Revestimento	398,5
176,2	426,9	403,0	2445,8	2536,9	Compressão Revestimento	403,0
176,6	423,3	407,3	2446,4	2525,7	Compressão Revestimento	407,3
177,0	419,5	411,6	2447,1	2514,7	Compressão Revestimento	411,6
177,4	415,9	415,9	2447,9	2503,9	Compressão Revestimento	415,9
177,8	412,1	420,1	2448,8	2493,3	Tração Revestimento	412,1
178,2	408,3	424,4	2449,9	2483,0	Tração Revestimento	408,3
178,6	404,6	428,5	2451,0	2472,8	Tração Revestimento	404,6
179,0	400,8	432,7	2452,3	2462,9	Tração Revestimento	400,8
179,4	397,0	436,6	2453,7	2453,1	Tração Revestimento	397,0
179,8	393,3	440,4	2455,3	2443,6	Tração Revestimento	393,3
180,2	389,6	444,2	2456,9	2434,2	Tração Revestimento	389,6
180,6	385,8	447,7	2458,7	2425,0	Tração Revestimento	385,8
181,0	382,1	451,0	2460,6	2416,0	Tração Revestimento	382,1
181,4	378,4	454,0	2462,6	2407,2	Tração Revestimento	378,4
181,8	374,8	456,7	2464,8	2398,6	Tração Revestimento	374,8
182,2	371,2	457,3	2467,0	2390,1	Tração Revestimento	371,2
182,6	367,5	456,2	2469,4	2381,9	Tração Revestimento	367,5
183,0	363,9	455,0	2472,0	2373,8	Tração Revestimento	363,9
183,4	360,4	453,9	2474,6	2365,8	Tração Revestimento	360,4
183,8	357,0	452,8	2477,4	2358,1	Tração Revestimento	357,0
184,2	353,7	451,7	2480,3	2350,5	Tração Revestimento	353,7
184,6	350,3	450,7	2483,3	2343,0	Tração Revestimento	350,3
185,0	346,9	449,7	2486,5	2335,8	Tração Revestimento	346,9
185,4	343,6	448,7	2489,8	2328,7	Tração Revestimento	343,6
185,8	340,4	447,7	2493,2	2321,7	Tração Revestimento	340,4
186,2	337,0	446,8	2496,7	2314,9	Tração Revestimento	337,0
186,6	333,8	445,9	2500,4	2308,2	Tração Revestimento	333,8



187,0	330,6	445,0	2504,2	2301,7	Tração Revestimento	330,6
187,4	327,4	444,1	2508,2	2295,4	Tração Revestimento	327,4
187,8	324,4	443,3	2512,3	2289,2	Tração Revestimento	324,4
188,2	321,4	442,5	2516,5	2283,1	Tração Revestimento	321,4
188,6	318,5	441,7	2520,9	2277,2	Tração Revestimento	318,5
189,0	315,6	440,9	2525,4	2271,4	Tração Revestimento	315,6
189,4	312,9	440,2	2530,0	2265,8	Tração Revestimento	312,9
189,8	310,1	439,5	2534,8	2260,3	Tração Revestimento	310,1
190,2	307,2	438,8	2539,7	2254,9	Tração Revestimento	307,2
190,6	304,5	438,1	2544,8	2249,7	Tração Revestimento	304,5
191,0	301,8	437,5	2550,0	2244,6	Tração Revestimento	301,8
191,4	299,0	436,8	2555,3	2239,6	Tração Revestimento	299,0
191,8	296,3	436,2	2560,8	2234,8	Tração Revestimento	296,3
192,2	293,6	435,7	2566,5	2230,1	Tração Revestimento	293,6
192,6	291,0	435,1	2572,3	2225,5	Tração Revestimento	291,0
193,0	288,5	434,6	2578,3	2221,0	Tração Revestimento	288,5
193,4	286,0	434,1	2584,4	2216,7	Tração Revestimento	286,0
193,8	283,5	433,6	2590,6	2212,5	Tração Revestimento	283,5
194,2	281,2	433,1	2597,1	2208,5	Tração Revestimento	281,2
194,6	278,8	432,7	2603,7	2204,5	Tração Revestimento	278,8
195,0	276,6	432,3	2610,4	2200,7	Tração Revestimento	276,6
195,4	274,3	431,9	2617,3	2197,0	Tração Revestimento	274,3
195,8	272,0	431,5	2624,4	2193,4	Tração Revestimento	272,0
196,2	269,8	431,1	2631,6	2189,9	Tração Revestimento	269,8
196,6	267,6	430,8	2639,0	2186,5	Tração Revestimento	267,6
197,0	265,4	430,5	2646,6	2183,3	Tração Revestimento	265,4
197,4	263,3	430,2	2654,4	2180,2	Tração Revestimento	263,3
197,8	261,2	429,9	2662,3	2177,2	Tração Revestimento	261,2
198,2	259,2	429,7	2670,4	2174,3	Tração Revestimento	259,2
198,6	257,2	429,5	2678,7	2171,5	Tração Revestimento	257,2
199,0	255,2	429,3	2687,2	2168,8	Tração Revestimento	255,2
199,4	253,2	429,1	2695,9	2166,3	Tração Revestimento	253,2
199,8	251,2	428,9	2704,7	2163,8	Tração Revestimento	251,2
200,2	249,3	428,8	2713,8	2161,5	Tração Revestimento	249,3
200,6	247,4	428,7	2723,0	2159,3	Tração Revestimento	247,4
201,0	245,6	428,6	2732,4	2157,2	Tração Revestimento	245,6
201,4	243,8	428,5	2742,1	2155,2	Tração Revestimento	243,8
201,8	242,0	428,4	2751,9	2153,3	Tração Revestimento	242,0
202,2	240,3	428,4	2761,9	2151,5	Tração Revestimento	240,3
202,6	238,5	428,4	2772,2	2149,8	Tração Revestimento	238,5
203,0	236,7	428,4	2782,7	2148,3	Tração Revestimento	236,7
203,4	235,0	428,4	2793,3	2146,8	Tração Revestimento	235,0
203,8	233,3	428,5	2804,2	2145,4	Tração Revestimento	233,3
204,2	231,7	428,5	2815,4	2144,2	Tração Revestimento	231,7
204,6	230,0	428,6	2826,7	2143,0	Tração Revestimento	230,0
205,0	228,4	428,7	2838,3	2142,0	Tração Revestimento	228,4
205,4	226,9	428,9	2850,1	2141,1	Tração Revestimento	226,9

205,8	225,4	429,0	2862,2	2140,3	Tração Revestimento	225,4
206,2	223,9	429,2	2874,5	2139,5	Tração Revestimento	223,9
206,6	222,4	429,4	2887,0	2138,9	Tração Revestimento	222,4
207,0	221,0	429,6	2899,8	2138,4	Tração Revestimento	221,0
207,4	219,6	429,8	2912,9	2138,0	Tração Revestimento	219,6
207,8	218,2	430,1	2926,2	2137,7	Tração Revestimento	218,2
208,2	216,8	430,4	2939,8	2137,5	Tração Revestimento	216,8
208,6	215,4	430,7	2953,6	2137,4	Tração Revestimento	215,4
209,0	214,0	431,0	2967,8	2137,4	Tração Revestimento	214,0
209,4	212,7	431,3	2982,2	2137,5	Tração Revestimento	212,7
209,8	211,3	431,7	2996,9	2137,8	Tração Revestimento	211,3
210,2	210,0	432,1	3011,9	2138,1	Tração Revestimento	210,0
210,6	208,8	432,5	3027,2	2138,5	Tração Revestimento	208,8
211,0	207,5	432,9	3042,8	2139,0	Tração Revestimento	207,5
211,4	206,3	433,4	3058,7	2139,7	Tração Revestimento	206,3
211,8	205,1	433,9	3075,0	2140,4	Tração Revestimento	205,1
212,2	203,9	434,4	3091,5	2141,3	Tração Revestimento	203,9
212,6	202,8	434,9	3108,4	2142,2	Tração Revestimento	202,8
213,0	201,7	435,4	3125,6	2143,3	Tração Revestimento	201,7
213,4	200,6	436,0	3143,2	2144,4	Tração Revestimento	200,6
213,8	199,5	436,6	3161,1	2145,7	Tração Revestimento	199,5
214,2	198,4	437,2	3179,4	2147,1	Tração Revestimento	198,4
214,6	197,3	437,8	3198,1	2148,6	Tração Revestimento	197,3
215,0	196,2	438,5	3217,1	2150,2	Tração Revestimento	196,2
215,4	195,1	439,2	3236,6	2151,9	Tração Revestimento	195,1
215,8	194,0	439,9	3256,4	2153,7	Tração Revestimento	194,0
216,2	193,0	440,6	3276,6	2155,6	Tração Revestimento	193,0
216,6	192,0	441,4	3297,3	2157,6	Tração Revestimento	192,0
217,0	191,0	442,1	3318,3	2159,8	Tração Revestimento	191,0
217,4	190,0	442,9	3339,8	2162,0	Tração Revestimento	190,0
217,8	189,1	443,8	3361,8	2164,4	Tração Revestimento	189,1
218,2	188,1	444,6	3384,2	2166,8	Tração Revestimento	188,1
218,6	187,2	445,5	3407,1	2169,4	Tração Revestimento	187,2
219,0	186,3	446,4	3430,4	2172,1	Tração Revestimento	186,3
219,4	185,4	447,3	3454,3	2174,9	Tração Revestimento	185,4
219,8	184,6	448,3	3478,6	2177,8	Tração Revestimento	184,6
220,2	183,7	449,3	3503,5	2180,8	Tração Revestimento	183,7
220,6	182,9	450,3	3528,9	2184,0	Tração Revestimento	182,9
221,0	182,0	451,3	3554,9	2187,2	Tração Revestimento	182,0
221,4	181,1	452,4	3581,4	2190,6	Tração Revestimento	181,1
221,8	180,3	453,4	3608,5	2194,1	Tração Revestimento	180,3
222,2	179,4	454,6	3636,1	2197,7	Tração Revestimento	179,4
222,6	178,6	455,7	3664,4	2201,5	Tração Revestimento	178,6
223,0	177,8	456,9	3693,3	2205,3	Tração Revestimento	177,8
223,4	177,0	458,1	3722,9	2209,3	Tração Revestimento	177,0
223,8	176,3	459,3	3753,1	2213,4	Tração Revestimento	176,3
224,2	175,5	460,5	3784,0	2217,6	Tração Revestimento	175,5

224,6	174,8	461,8	3815,6	2222,0	Tração Revestimento	174,8
225,1	174,1	463,1	3847,9	2226,5	Tração Revestimento	174,1
225,5	173,3	464,5	3881,0	2231,1	Tração Revestimento	173,3
225,9	172,7	465,9	3914,8	2235,8	Tração Revestimento	172,7
226,3	172,0	467,3	3949,4	2240,7	Tração Revestimento	172,0
226,7	171,3	468,7	3984,9	2245,6	Tração Revestimento	171,3
227,1	170,6	470,2	4021,1	2250,8	Tração Revestimento	170,6
227,5	170,0	471,7	4058,3	2256,0	Tração Revestimento	170,0
227,9	169,4	473,2	4096,3	2261,4	Tração Revestimento	169,4
228,3	168,8	474,8	4135,3	2267,0	Tração Revestimento	168,8
228,7	168,1	476,4	4175,2	2272,6	Tração Revestimento	168,1
229,1	167,5	478,0	4216,1	2278,4	Tração Revestimento	167,5
229,5	166,9	479,7	4258,0	2284,4	Tração Revestimento	166,9
229,9	166,2	481,4	4300,9	2290,5	Tração Revestimento	166,2
230,3	165,6	483,2	4345,0	2296,7	Tração Revestimento	165,6
230,7	165,0	484,9	4390,2	2303,1	Tração Revestimento	165,0
231,1	164,4	486,8	4436,6	2309,6	Tração Revestimento	164,4
231,5	163,8	488,6	4484,1	2316,3	Tração Revestimento	163,8
231,9	163,3	490,5	4532,9	2323,2	Tração Revestimento	163,3
232,3	162,7	492,4	4583,1	2330,1	Tração Revestimento	162,7
232,7	162,2	494,4	4634,5	2337,3	Tração Revestimento	162,2
233,1	161,7	496,4	4687,4	2344,6	Tração Revestimento	161,7
233,5	161,1	498,5	4741,8	2352,1	Tração Revestimento	161,1
233,9	160,6	500,6	4797,6	2359,7	Tração Revestimento	160,6
234,3	160,1	502,7	4855,0	2367,5	Tração Revestimento	160,1
234,7	159,6	504,9	4914,0	2375,5	Tração Revestimento	159,6
235,1	159,2	507,1	4974,8	2383,6	Tração Revestimento	159,2
235,5	158,7	509,4	5037,3	2391,9	Tração Revestimento	158,7
235,9	158,2	511,7	5101,7	2400,4	Tração Revestimento	158,2
236,3	157,8	514,0	5168,0	2409,1	Tração Revestimento	157,8
236,7	157,4	516,5	5236,2	2417,9	Tração Revestimento	157,4
237,1	156,9	518,9	5306,6	2426,9	Tração Revestimento	156,9
237,5	156,5	521,4	5379,2	2436,2	Tração Revestimento	156,5
237,9	156,1	524,0	5454,0	2445,6	Tração Revestimento	156,1
238,3	155,7	526,6	5531,2	2455,2	Tração Revestimento	155,7
238,7	155,3	529,2	5611,0	2465,0	Tração Revestimento	155,3
239,1	155,0	531,9	5693,3	2475,0	Tração Revestimento	155,0
239,5	154,6	534,7	5778,4	2485,2	Tração Revestimento	154,6
239,9	154,2	537,5	5866,3	2495,6	Tração Revestimento	154,2
240,3	153,8	540,4	5957,3	2506,2	Tração Revestimento	153,8
240,7	153,4	543,3	6051,4	2517,0	Tração Revestimento	153,4
241,1	153,1	546,3	6148,9	2528,1	Tração Revestimento	153,1
241,5	152,7	549,4	6249,8	2539,3	Tração Revestimento	152,7
241,9	152,3	552,5	6354,5	2550,8	Tração Revestimento	152,3
242,3	151,9	555,7	6463,0	2562,6	Tração Revestimento	151,9
242,7	151,6	558,9	6575,6	2574,5	Tração Revestimento	151,6
243,1	151,2	562,2	6692,6	2586,7	Tração Revestimento	151,2

243,5	150,9	565,6	6814,1	2599,2	Tração Revestimento	150,9
243,9	150,6	569,0	6940,5	2611,9	Tração Revestimento	150,6
244,3	150,2	572,5	7072,0	2624,8	Tração Revestimento	150,2
244,7	149,9	576,1	7208,9	2638,0	Tração Revestimento	149,9
245,1	149,6	579,8	7351,6	2651,5	Tração Revestimento	149,6
245,5	149,3	583,5	7500,5	2665,2	Tração Revestimento	149,3
245,9	149,0	587,3	7655,9	2679,3	Tração Revestimento	149,0
246,3	148,8	591,2	7818,2	2693,6	Tração Revestimento	148,8
246,7	148,5	595,2	7988,0	2708,1	Tração Revestimento	148,5
247,1	148,2	599,2	8165,7	2723,0	Tração Revestimento	148,2
247,5	148,0	603,4	8351,9	2738,2	Tração Revestimento	148,0
247,9	147,7	607,6	8547,3	2753,7	Tração Revestimento	147,7
248,3	147,5	611,9	8752,4	2769,4	Tração Revestimento	147,5
248,7	147,3	616,3	8968,1	2785,6	Tração Revestimento	147,3
249,1	147,0	620,8	9195,1	2802,0	Tração Revestimento	147,0
249,5	146,8	625,4	9434,4	2818,8	Tração Revestimento	146,8
249,9	146,6	630,1	9687,0	2835,9	Tração Revestimento	146,6
250,3	146,4	634,9	9954,0	2853,3	Tração Revestimento	146,4
250,7	146,2	639,9	10236,6	2871,1	Tração Revestimento	146,2
251,1	146,1	644,9	10536,3	2889,3	Tração Revestimento	146,1
251,5	145,9	650,0	10854,6	2907,9	Tração Revestimento	145,9
251,9	145,7	655,2	11193,3	2926,8	Tração Revestimento	145,7
252,3	145,4	660,6	11554,4	2946,2	Tração Revestimento	145,4
252,7	145,2	666,1	11940,1	2965,9	Tração Revestimento	145,2
253,1	145,0	671,7	12353,2	2986,0	Tração Revestimento	145,0
253,5	144,8	677,4	12796,4	3006,6	Tração Revestimento	144,8
253,9	144,6	683,3	13273,4	3027,6	Tração Revestimento	144,6
254,3	144,4	689,3	13788,0	3049,1	Tração Revestimento	144,4
254,7	144,2	695,4	14344,8	3071,0	Tração Revestimento	144,2
255,1	144,0	701,7	14949,2	3093,4	Tração Revestimento	144,0
255,5	143,8	708,2	15607,7	3116,2	Tração Revestimento	143,8
255,9	143,7	714,8	16327,6	3139,6	Tração Revestimento	143,7
256,3	143,5	721,5	17118,0	3163,5	Tração Revestimento	143,5
256,7	143,3	728,4	17989,8	3187,8	Tração Revestimento	143,3
257,1	143,2	735,5	18956,1	3212,8	Tração Revestimento	143,2
257,5	143,1	742,8	20033,1	3238,2	Tração Revestimento	143,1
257,9	142,9	750,2	21241,0	3264,3	Tração Revestimento	142,9
258,3	142,8	757,9	22605,1	3290,9	Tração Revestimento	142,8
258,7	142,7	765,7	24157,7	3318,2	Tração Revestimento	142,7
259,1	142,6	773,7	25940,7	3346,0	Tração Revestimento	142,6
259,5	142,5	782,0	28009,2	3374,5	Tração Revestimento	142,5
259,9	142,4	790,4	30437,9	3403,6	Tração Revestimento	142,4
260,3	142,3	799,1	33329,5	3433,5	Tração Revestimento	142,3
260,7	142,2	808,0	36830,2	3464,0	Tração Revestimento	142,2
261,1	142,1	817,2	41154,9	3495,2	Tração Revestimento	142,1
261,5	142,1	826,6	46632,8	3527,2	Tração Revestimento	142,1
261,9	142,0	836,2	53795,9	3560,0	Tração Revestimento	142,0

262,3	142,0	846,2	63562,8	3593,5	Tração Revestimento	142,0
262,7	141,9	856,4	77667,3	3627,8	Tração Revestimento	141,9
263,1	141,9	866,9	99822,8	3663,0	Tração Revestimento	141,9
263,5	141,8	877,7	139673,0	3699,1	Tração Revestimento	141,8
263,9	141,8	888,8	232500,8	3736,1	Tração Revestimento	141,8
264,3	141,8	900,3	693322,1	3774,0	Tração Revestimento	141,8
264,7	141,8	912,1	10000,0	3812,9	Tração Revestimento	141,8
265,1	141,8	924,3	10000,0	3852,7	Tração Revestimento	141,8
265,5	141,8	936,8	10000,0	3893,7	Tração Revestimento	141,8
265,9	141,8	949,7	10000,0	3935,6	Tração Revestimento	141,8
266,3	141,8	963,1	10000,0	3978,7	Tração Revestimento	141,8
266,7	141,8	976,9	10000,0	4023,0	Tração Revestimento	141,8
267,1	141,9	991,1	10000,0	4068,4	Tração Revestimento	141,9
267,5	141,9	1005,8	10000,0	4115,1	Tração Revestimento	141,9
267,9	142,0	1021,0	10000,0	4163,1	Tração Revestimento	142,0
268,3	142,0	1036,7	10000,0	4212,4	Tração Revestimento	142,0
268,7	142,1	1052,9	10000,0	4263,1	Tração Revestimento	142,1
269,1	142,1	1069,7	10000,0	4315,2	Tração Revestimento	142,1
269,5	142,2	1087,1	10000,0	4368,9	Tração Revestimento	142,2
269,9	142,3	1105,2	10000,0	4424,1	Tração Revestimento	142,3
270,3	142,2	1123,9	10000,0	4481,0	Tração Revestimento	142,2
270,7	142,2	1143,3	10000,0	4539,5	Tração Revestimento	142,2
271,1	142,1	1163,4	10000,0	4599,9	Tração Revestimento	142,1
271,5	142,0	1184,4	10000,0	4662,1	Tração Revestimento	142,0
271,9	142,0	1206,1	10000,0	4726,3	Tração Revestimento	142,0
272,3	141,9	1228,7	10000,0	4792,4	Tração Revestimento	141,9
272,7	141,9	1252,3	10000,0	4860,7	Tração Revestimento	141,9
273,1	141,9	1276,9	10000,0	4931,2	Tração Revestimento	141,9
273,5	141,8	1302,4	10000,0	5004,1	Tração Revestimento	141,8
273,9	141,8	1329,2	10000,0	5079,3	Tração Revestimento	141,8
274,3	141,8	1357,0	10000,0	5157,2	Tração Revestimento	141,8
274,7	141,8	1386,2	10000,0	5237,7	Tração Revestimento	141,8
275,1	141,8	1416,7	10000,0	5321,0	Tração Revestimento	141,8
275,5	141,8	1448,7	10000,0	5407,3	Tração Revestimento	141,8
275,9	141,8	1482,2	10000,0	5496,7	Tração Revestimento	141,8
276,3	141,9	1517,3	10000,0	5589,4	Tração Revestimento	141,9
276,7	141,9	1554,3	10000,0	5685,6	Tração Revestimento	141,9
277,1	141,9	1593,1	10000,0	5785,4	Tração Revestimento	141,9
277,5	142,0	1634,1	10000,0	5889,0	Tração Revestimento	142,0
277,9	142,0	1677,3	10000,0	5996,8	Tração Revestimento	142,0
278,3	142,1	1722,9	10000,0	6108,8	Tração Revestimento	142,1
278,7	142,1	1771,2	10000,0	6225,5	Tração Revestimento	142,1
279,1	142,2	1822,3	10000,0	6347,0	Tração Revestimento	142,2
279,5	142,3	1801,5	10000,0	6473,7	Tração Revestimento	142,3
279,9	142,4	1755,8	10000,0	6605,8	Tração Revestimento	142,4
280,3	142,5	1712,5	10000,0	6743,8	Tração Revestimento	142,5
280,7	142,6	1671,3	10000,0	6888,0	Tração Revestimento	142,6

281,1	142,7	1632,1	10000,0	7038,9	Tração Revestimento	142,7
281,5	142,8	1594,8	10000,0	7196,9	Tração Revestimento	142,8
281,9	142,9	1559,2	10000,0	7362,5	Tração Revestimento	142,9
282,3	143,0	1525,3	10000,0	7536,4	Tração Revestimento	143,0
282,7	143,2	1492,9	10000,0	7719,0	Tração Revestimento	143,2
283,1	143,3	1461,8	10000,0	7657,3	Tração Revestimento	143,3
283,5	143,4	1432,2	10000,0	7501,9	Tração Revestimento	143,4
283,9	143,6	1403,7	10000,0	7352,9	Tração Revestimento	143,6
284,3	143,7	1376,5	10000,0	7210,2	Tração Revestimento	143,7
284,7	143,9	1350,3	10000,0	7073,2	Tração Revestimento	143,9
285,1	144,1	1325,2	10000,0	6941,7	Tração Revestimento	144,1
285,5	144,2	1301,1	10000,0	6815,2	Tração Revestimento	144,2
285,9	144,4	1277,9	10000,0	6693,7	Tração Revestimento	144,4
286,3	144,6	1255,5	10000,0	6576,7	Tração Revestimento	144,6
286,7	144,8	1234,0	10000,0	6464,0	Tração Revestimento	144,8
287,1	145,0	1213,3	10000,0	6355,4	Tração Revestimento	145,0
287,5	145,2	1193,3	10000,0	6250,8	Tração Revestimento	145,2
287,9	145,4	1174,0	10000,0	6149,8	Tração Revestimento	145,4
288,3	145,7	1155,4	10000,0	6052,3	Tração Revestimento	145,7
288,7	145,9	1137,5	10000,0	5958,1	Tração Revestimento	145,9
289,1	146,1	1120,1	10000,0	5867,1	Tração Revestimento	146,1
289,5	146,4	1103,3	10000,0	5779,2	Tração Revestimento	146,4
289,9	146,6	1087,0	10000,0	5694,1	Tração Revestimento	146,6
290,3	146,9	1071,3	10000,0	5611,7	Tração Revestimento	146,9
290,7	147,2	1056,1	10000,0	5532,0	Tração Revestimento	147,2
291,1	147,5	1041,4	10000,0	5454,7	Tração Revestimento	147,5
291,5	147,8	1027,1	10000,0	5379,8	Tração Revestimento	147,8
291,9	148,1	1013,2	10000,0	5307,3	Tração Revestimento	148,1
292,3	148,4	999,8	10000,0	5236,9	Tração Revestimento	148,4
292,7	148,7	986,7	10000,0	5168,6	Tração Revestimento	148,7
293,1	149,0	974,1	10000,0	5102,3	Tração Revestimento	149,0
293,5	149,4	961,8	10000,0	5037,9	Tração Revestimento	149,4
293,9	149,7	949,8	10000,0	4975,4	Tração Revestimento	149,7
294,3	150,0	938,2	10000,0	4914,6	Tração Revestimento	150,0
294,7	150,4	927,0	10000,0	4855,5	Tração Revestimento	150,4
295,1	150,8	916,0	10000,0	4798,1	Tração Revestimento	150,8
295,5	151,2	905,3	10000,0	4742,2	Tração Revestimento	151,2
295,9	151,5	895,0	10000,0	4687,9	Tração Revestimento	151,5
296,3	151,9	884,9	10000,0	4635,0	Tração Revestimento	151,9
296,7	152,4	875,0	10000,0	4583,5	Tração Revestimento	152,4
297,1	152,8	865,5	10000,0	4533,4	Tração Revestimento	152,8
297,5	153,2	856,1	10000,0	4484,6	Tração Revestimento	153,2
297,9	153,6	847,1	10000,0	4437,0	Tração Revestimento	153,6
298,3	154,0	838,2	10000,0	4390,6	Tração Revestimento	154,0
298,7	154,2	829,6	10000,0	4345,4	Tração Revestimento	154,2
299,1	154,5	821,2	357219,1	4301,3	Tração Revestimento	154,5
299,5	154,8	813,0	164767,6	4258,4	Tração Revestimento	154,8

299,9	155,1	805,0	107082,3	4216,4	Tração Revestimento	155,1
300,3	155,5	797,1	79317,2	4175,5	Tração Revestimento	155,5
300,7	155,8	789,5	62988,2	4135,6	Tração Revestimento	155,8
301,1	156,1	782,1	52236,8	4096,6	Tração Revestimento	156,1
301,5	156,5	774,8	44622,4	4058,6	Tração Revestimento	156,5
301,9	156,8	767,7	38947,1	4021,5	Tração Revestimento	156,8
302,3	157,2	760,8	34554,0	3985,2	Tração Revestimento	157,2
302,7	157,6	754,0	31052,9	3949,7	Tração Revestimento	157,6
303,1	158,0	747,4	28197,3	3915,1	Tração Revestimento	158,0
303,5	158,3	741,0	25823,8	3881,3	Tração Revestimento	158,3
303,9	158,7	734,7	23819,9	3848,2	Tração Revestimento	158,7
304,3	159,2	728,5	22105,6	3815,9	Tração Revestimento	159,2
304,7	159,6	722,5	20622,4	3784,3	Tração Revestimento	159,6
305,1	160,0	716,6	19326,7	3753,4	Tração Revestimento	160,0
305,5	160,5	710,8	18185,0	3723,2	Tração Revestimento	160,5
305,9	160,9	705,1	17171,4	3693,6	Tração Revestimento	160,9
306,3	161,4	699,6	16265,6	3664,7	Tração Revestimento	161,4
306,7	161,8	694,2	15451,3	3636,4	Tração Revestimento	161,8
307,1	162,3	688,9	14715,3	3608,7	Tração Revestimento	162,3
307,5	162,8	683,8	14047,0	3581,6	Tração Revestimento	162,8
307,9	163,3	678,7	13437,3	3555,1	Tração Revestimento	163,3
308,3	163,8	673,7	12878,9	3529,1	Tração Revestimento	163,8
308,7	164,4	668,9	12365,7	3503,7	Tração Revestimento	164,4
309,1	164,9	664,1	11892,4	3478,9	Tração Revestimento	164,9
309,5	165,5	659,5	11454,5	3454,5	Tração Revestimento	165,5
309,9	166,0	654,9	11048,2	3430,6	Tração Revestimento	166,0
310,3	166,6	650,5	10670,3	3407,3	Tração Revestimento	166,6
310,7	167,2	646,1	10317,8	3384,4	Tração Revestimento	167,2
311,1	167,8	641,8	9988,4	3362,0	Tração Revestimento	167,8
311,5	168,4	637,6	9679,8	3340,0	Tração Revestimento	168,4
311,9	169,0	633,5	9390,1	3318,5	Tração Revestimento	169,0
312,3	169,7	629,5	9117,8	3297,5	Tração Revestimento	169,7
312,7	170,3	625,6	8861,1	3276,8	Tração Revestimento	170,3
313,1	171,0	621,7	8619,0	3256,6	Tração Revestimento	171,0
313,5	171,7	617,9	8390,1	3236,7	Tração Revestimento	171,7
313,9	172,4	614,2	8173,5	3217,3	Tração Revestimento	172,4
314,3	173,1	610,6	7968,1	3198,3	Tração Revestimento	173,1
314,7	173,8	607,0	7773,2	3179,6	Tração Revestimento	173,8
315,2	174,5	603,5	7588,0	3161,3	Tração Revestimento	174,5
315,6	175,3	600,1	7411,7	3143,4	Tração Revestimento	175,3
316,0	176,1	596,7	7243,8	3125,8	Tração Revestimento	176,1
316,4	176,8	593,5	7083,6	3108,6	Tração Revestimento	176,8
316,8	177,6	590,2	6930,8	3091,7	Tração Revestimento	177,6
317,2	178,4	587,1	6784,7	3075,1	Tração Revestimento	178,4
317,6	179,3	584,0	6644,9	3058,9	Tração Revestimento	179,3
318,0	180,1	580,9	6511,1	3043,0	Tração Revestimento	180,1
318,4	181,0	577,9	6382,9	3027,3	Tração Revestimento	181,0

318,8	181,9	575,0	6259,9	3012,0	Tração Revestimento	181,9
319,2	182,8	572,2	6141,9	2997,0	Tração Revestimento	182,8
319,6	183,7	569,4	6028,6	2982,3	Tração Revestimento	183,7
320,0	184,6	566,6	5919,6	2967,9	Tração Revestimento	184,6
320,4	185,6	563,9	5814,8	2953,8	Tração Revestimento	185,6
320,8	186,5	561,3	5713,9	2939,9	Tração Revestimento	186,5
321,2	187,5	558,7	5616,7	2926,3	Tração Revestimento	187,5
321,6	188,5	556,1	5523,0	2913,0	Tração Revestimento	188,5
322,0	189,6	553,6	5432,7	2899,9	Tração Revestimento	189,6
322,4	190,6	551,2	5345,5	2887,1	Tração Revestimento	190,6
322,8	191,7	548,8	5261,4	2874,6	Tração Revestimento	191,7
323,2	192,8	546,4	5180,1	2862,3	Tração Revestimento	192,8
323,6	193,9	544,1	5101,5	2850,2	Tração Revestimento	193,9
324,0	195,0	541,9	5025,5	2838,4	Tração Revestimento	195,0
324,4	196,2	539,7	4952,0	2826,8	Tração Revestimento	196,2
324,8	197,4	537,5	4880,8	2815,5	Tração Revestimento	197,4
325,2	198,6	535,4	4811,9	2804,3	Tração Revestimento	198,6
325,6	199,8	533,3	4745,1	2793,4	Tração Revestimento	199,8
326,0	201,1	531,3	4680,4	2782,8	Tração Revestimento	201,1
326,4	202,4	529,3	4617,6	2772,3	Tração Revestimento	202,4
326,8	203,7	527,3	4556,7	2762,0	Tração Revestimento	203,7
327,2	205,0	525,4	4497,7	2752,0	Tração Revestimento	205,0
327,6	206,4	523,5	4440,3	2742,2	Tração Revestimento	206,4
328,0	207,8	521,7	4384,6	2732,5	Tração Revestimento	207,8
328,4	209,2	519,9	4330,5	2723,1	Tração Revestimento	209,2
328,8	210,7	518,1	4277,9	2713,8	Tração Revestimento	210,7
329,2	212,2	516,4	4226,8	2704,8	Tração Revestimento	212,2
329,6	213,7	514,7	4177,1	2695,9	Tração Revestimento	213,7
330,0	215,2	513,0	4128,8	2687,3	Tração Revestimento	215,2
330,4	216,7	511,4	4081,7	2678,8	Tração Revestimento	216,7
330,8	218,2	509,8	4035,9	2670,5	Tração Revestimento	218,2
331,2	219,8	508,3	3991,3	2662,4	Tração Revestimento	219,8
331,6	221,3	506,8	3947,9	2654,5	Tração Revestimento	221,3
332,0	222,9	505,3	3905,6	2646,7	Tração Revestimento	222,9
332,4	224,5	503,8	3864,4	2639,1	Tração Revestimento	224,5
332,8	226,2	502,4	3824,2	2631,7	Tração Revestimento	226,2
333,2	227,9	501,0	3785,1	2624,5	Tração Revestimento	227,9
333,6	229,6	499,7	3746,9	2617,4	Tração Revestimento	229,6
334,0	231,4	498,4	3709,7	2610,5	Tração Revestimento	231,4
334,4	233,2	497,1	3673,3	2603,7	Tração Revestimento	233,2
334,8	235,1	495,8	3637,9	2597,1	Tração Revestimento	235,1
335,2	236,9	494,6	3603,3	2590,7	Tração Revestimento	236,9
335,6	238,9	493,4	3569,5	2584,4	Tração Revestimento	238,9
336,0	240,9	492,2	3536,5	2578,3	Tração Revestimento	240,9
336,4	242,9	491,1	3504,3	2572,4	Tração Revestimento	242,9
336,8	244,9	490,0	3472,9	2566,5	Tração Revestimento	244,9
337,2	247,1	488,9	3442,2	2560,9	Tração Revestimento	247,1



337,6	249,2	487,8	3412,2	2555,4	Tração Revestimento	249,2
338,0	251,4	486,8	3382,8	2550,0	Tração Revestimento	251,4
338,4	253,7	485,8	3354,1	2544,8	Tração Revestimento	253,7
338,8	256,0	484,9	3326,1	2539,7	Tração Revestimento	256,0
339,2	258,2	483,9	3298,7	2534,8	Tração Revestimento	258,2
339,6	260,5	483,0	3271,9	2530,0	Tração Revestimento	260,5
340,0	262,9	482,1	3245,7	2525,4	Tração Revestimento	262,9
340,4	265,2	481,3	3220,0	2520,9	Tração Revestimento	265,2
340,8	267,7	480,4	3195,0	2516,5	Tração Revestimento	267,7
341,2	270,2	479,6	3170,4	2512,3	Tração Revestimento	270,2
341,6	272,7	478,8	3146,4	2508,2	Tração Revestimento	272,7
342,0	275,4	478,1	3122,9	2504,3	Tração Revestimento	275,4
342,4	278,0	477,4	3099,9	2500,4	Tração Revestimento	278,0
342,8	280,8	476,7	3077,4	2496,8	Tração Revestimento	280,8
343,2	283,6	476,0	3055,3	2493,2	Tração Revestimento	283,6
343,6	286,4	475,3	3033,8	2489,8	Tração Revestimento	286,4
344,0	289,2	474,7	3012,6	2486,5	Tração Revestimento	289,2
344,4	292,0	474,1	2991,9	2483,3	Tração Revestimento	292,0
344,8	295,0	473,5	2971,7	2480,3	Tração Revestimento	295,0
345,2	298,0	473,0	2951,8	2477,4	Tração Revestimento	298,0
345,6	301,0	472,4	2932,3	2474,6	Tração Revestimento	301,0
346,0	304,2	471,9	2913,3	2472,0	Tração Revestimento	304,2
346,4	307,4	471,4	2894,6	2469,5	Tração Revestimento	307,4
346,8	310,7	471,0	2876,3	2467,1	Tração Revestimento	310,7
347,2	314,1	470,6	2858,4	2464,8	Tração Revestimento	314,1
347,6	317,4	470,1	2840,9	2462,6	Tração Revestimento	317,4
348,0	320,8	469,8	2823,6	2460,6	Tração Revestimento	320,8
348,4	324,2	469,4	2806,8	2458,7	Tração Revestimento	324,2
348,8	327,8	468,7	2790,3	2456,9	Tração Revestimento	327,8
349,2	331,4	467,9	2774,1	2455,3	Tração Revestimento	331,4
349,6	335,2	467,2	2758,2	2453,8	Tração Revestimento	335,2
350,0	338,8	466,4	2742,6	2452,3	Tração Revestimento	338,8
350,4	342,5	464,9	2727,3	2451,0	Tração Revestimento	342,5
350,8	346,3	463,4	2712,4	2449,9	Tração Revestimento	346,3
351,2	350,2	461,9	2697,7	2448,8	Tração Revestimento	350,2
351,6	354,2	460,1	2683,3	2447,9	Tração Revestimento	354,2
352,0	358,3	457,9	2669,3	2447,1	Tração Revestimento	358,3
352,4	362,4	455,7	2655,4	2446,4	Tração Revestimento	362,4
352,8	366,5	453,4	2641,9	2445,8	Tração Revestimento	366,5
353,2	370,7	450,9	2628,6	2445,4	Tração Revestimento	370,7
353,6	375,0	448,0	2615,6	2445,1	Tração Revestimento	375,0
354,0	379,3	445,2	2602,8	2444,8	Tração Revestimento	379,3
354,4	383,5	442,1	2590,3	2444,8	Tração Revestimento	383,5
354,8	387,9	439,0	2578,0	2444,8	Tração Revestimento	387,9
355,2	392,0	435,6	2566,0	2444,9	Tração Revestimento	392,0
355,6	396,3	432,2	2554,2	2445,2	Tração Revestimento	396,3
356,0	400,7	428,6	2542,6	2445,6	Tração Revestimento	400,7

356,4	405,1	425,1	2531,3	2446,1	Tração Revestimento	405,1
356,8	409,4	421,4	2520,2	2446,7	Tração Revestimento	409,4
357,2	413,8	417,7	2509,3	2447,5	Tração Revestimento	413,8
357,6	418,0	414,0	2498,6	2448,3	Compressão Revestimento	414,0
358,0	422,3	410,2	2488,1	2449,3	Compressão Revestimento	410,2
358,4	426,4	406,4	2477,9	2450,4	Compressão Revestimento	406,4
358,8	430,6	402,7	2467,8	2451,7	Compressão Revestimento	402,7
359,2	434,6	398,9	2458,0	2453,0	Compressão Revestimento	398,9
359,6	438,6	395,1	2448,3	2454,5	Compressão Revestimento	395,1
360,0	442,3	391,4	2438,9	2456,1	Compressão Revestimento	391,4