

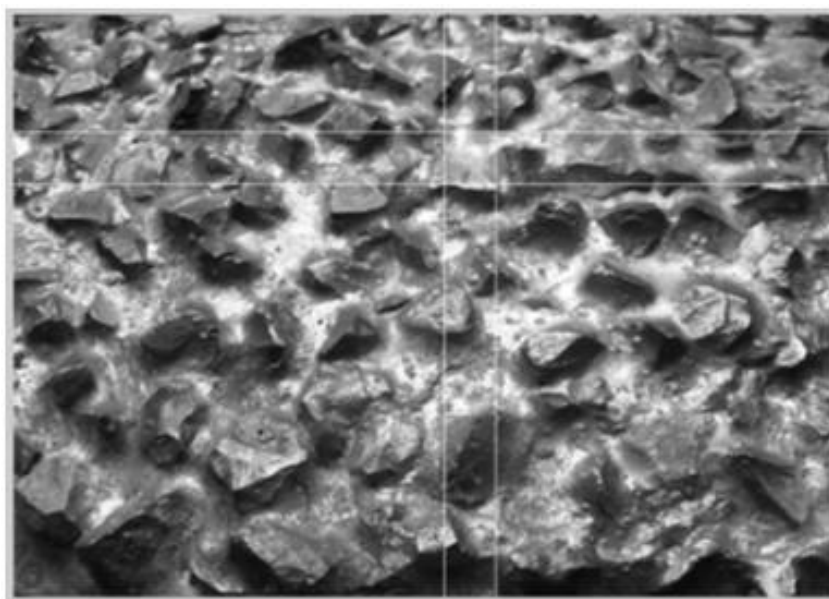


Figura 4. 18 - Resultado do processamento de imagem com o valor de *Matriz Scan* de 50 para a segunda amostra de granulometria grossa da imagem com resolução de 800x600 pixels

Os valores de 75 e 100 mostraram resultados satisfatórios por mostrarem que delimitam áreas bem definidas nas amostras. Evidenciando, dependendo da amostra, aceitação ou rejeição. A Figura 4.19 mostra o resultado da análise com os dois valores de *Matriz Scan* para a terceira amostra de granulometria grossa. Onde mostra que nos dois casos a amostra foi rejeitada. Diferente das outras duas amostras de mesma granulometria que foram aprovadas ao utilizar 100 para *Matriz Scan* (FIG.4.20). Mesmo estes resultados mostrando as áreas delimitadas, estes foram descartados por apresentarem a presença de carbonetos em seu interior.

Isto condiz com o estudo de Scotti, Ferraresi, Vilarinho (2008), que sugerem que quanto maior a granulometria maior o valor da *Matriz Scan*. O estudo mostra a análise sendo realizada com 100 para o valor da *Matriz Scan*, que foi mostrado que este valor é melhor e retornando assim resultados satisfatórios para as imagens apresentadas.

Concluindo para a análise de imagem foram obtidos ótimos resultados utilizando a resolução de 800 por 600 pixels, mostrando que mesmo havendo disponível melhores resoluções para a aquisição da imagem o resultado não é satisfatório por prejudicar a busca devido a alta resolução da imagem. E os melhores resultados para a *Matriz Scan* foi de utilizar 75 e 100 para a granulometria grossa e fina respectivamente.

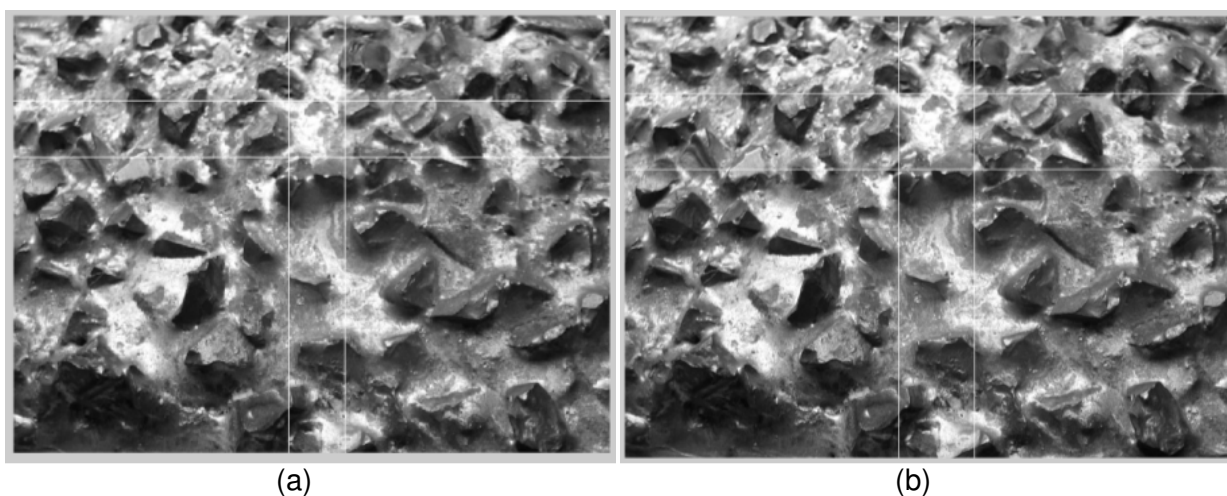


Figura 4. 19- Resultado do processamento de imagem terceira amostra de granulometria grossa sendo (a) e (b) com o valor de *Matriz Scan* de 75 e 100 respectivamente das imagens com resolução de 800 por 600 pixels

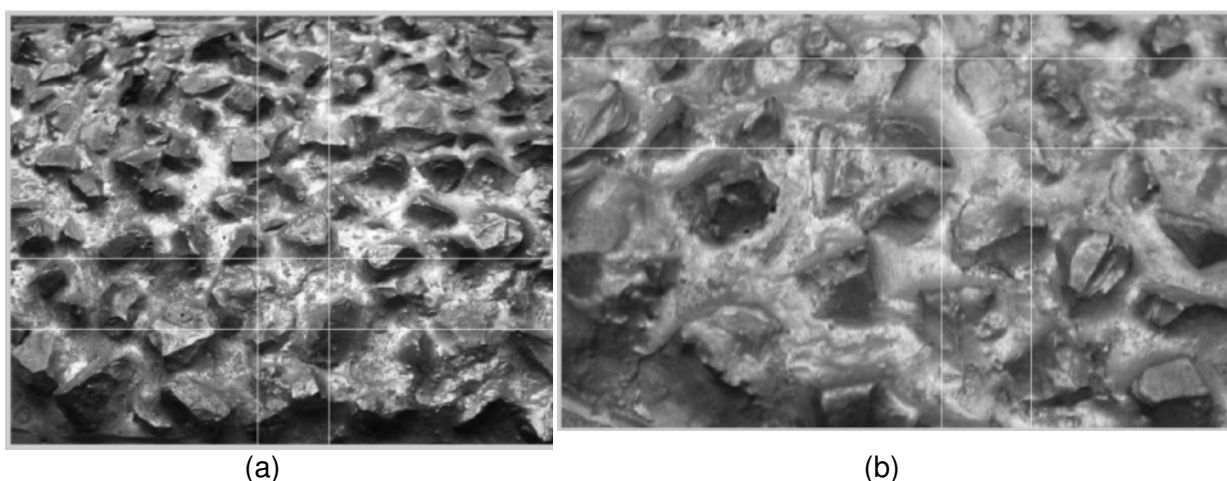


Figura 4. 20 - Resultado do processamento de imagem com o valor de *Matriz Scan* de 100 sendo (a) e (b) para a primeira e segunda amostra de granulometria grossa respectivamente das imagens com resolução de 800 por 600 pixels

#### 4.2.2. Ensaio de Impacto de Izod Modificado

Este ensaio visa complementar o processamento e análise de imagens do corpo de prova brasado. Pois a partir deste ensaio busca-se avaliar a zona de ligação entre o metal brasado e o de base. Busca-se aqui evidenciar a qualidade da operação de brasagem e do material brasado.

Assim, a partir de um equipamento de ensaio de Charpy foram realizadas as modificações necessárias para que o mesmo atende-se as exigências de um teste de um teste de Impacto de Izod. Como mostrado anteriormente, após a retirada dos corpos de

prova foram verificadas a resistência de impacto de cada amostra e a zona que foi destacada.

Os testes foram realizados em temperatura ambiente e registrados em 25° C de acordo com o termômetro utilizado. Os ensaios seguiram uma ordem aleatória em relação o tipo de consumível analisado. Seguindo apenas a sequência das amostras retiradas para cada tipo de amostra e granulometria.

A cada teste realizado foi mensurada a força registrada pelo equipamento para o cisalhamento em kgf. Dos 18 testes realizados neste ensaio, dois obtiveram energia máxima por não romperem nem na zona de ligação e nem na região brasada. A Tabela 4. 9 mostra os valores de força registrados para cada amostra dos consumíveis.

Tabela 4. 9 – Energia absorvida em cada teste realizado por amostra

| Consumível | Força (kgf) |           |           |
|------------|-------------|-----------|-----------|
|            | Amostra 1   | Amostra 2 | Amostra 3 |
| Fina 1     | 21,6        | 10,8      | 16,2      |
| Fina 2     | 9,6         | 2,8       | 7,2       |
| Fina 3     | 7,0         | 5,25      | 3,2       |
| Grossa 1   | 7,6         | 30,0*     | 30,0*     |
| Grossa 2   | 5,2         | 5,6       | 4,2       |
| Grossa 3   | 1,0         | 2,6       | 10,2      |

\* Chegaram ao valor máximo de força do equipamento sem rompimento.

A amostra 1 do consumível de granulometria fina se mostrou com maior valor registrado de energia absorvida. Este valor de energia absorvida pode ser superado pela amostra 1 de granulometria grossa. Esta amostra mostrou que em dois testes superou a marca máxima de 30 kgf.m ao não ser rompido no primeiro impacto. Foram necessários 5 impactos consecutivos do mesmo equipamento para registrar o tipo de fratura evidenciado.

Com estes resultados foram calculadas as médias e os desvios para análise, que são mostrados na Tabela 4.1. Para fim de análises, no caso da primeira amostra de granulometria grossa, foi utilizada a energia máxima de 30 kgf. Com isto foi possível realizar os cálculos necessários para a análise dos resultados.

Os resultados apresentaram grande flutuação entre si. Isto porque o número de amostras utilizadas era pequeno. Sendo necessário utilizar um número maior. Este número de amostras foi selecionado devido as limitações de tempo, uma vez que, como mostrado no Anexo D, o tempo de retirada de cada amostra é alto.

Tabela 4. 10 – Valores médios e desvios padrões das energias absorvidas pelas amostras

| Consumível | Energia Absorvida (kgf) |        |
|------------|-------------------------|--------|
|            | Média                   | Desvio |
| Fina 1     | 16,2                    | 5,4    |
| Fina 2     | 6,5                     | 3,4    |
| Fina 3     | 5,2                     | 1,9    |
| Grossa 1   | 22,5                    | 12,9   |
| Grossa 2   | 5,0                     | 0,7    |
| Grossa 3   | 4,6                     | 4,9    |

Com estes resultados podem-se analisar os valores mínimos, médios e máximos das amostras. Baseados nestes valores foram estabelecidos três constantes para esta comparação que se fundamentam nas médias das granulometrias fina, grossa e geral das amostras. Com estes resultados é possível ressaltar que as amostras Fina 1 e Grossa 1 apresentaram maiores valores de energia absorvida, sendo registrados acima da média. Enquanto as demais amostras apresentaram valores abaixo das linhas de média estabelecidas (Figura 4. 21). A ordem das amostras foram selecionadas de forma aleatória apenas obedecendo a sequencia de corpo de prova 1, 2 e 3 de cada amostra.

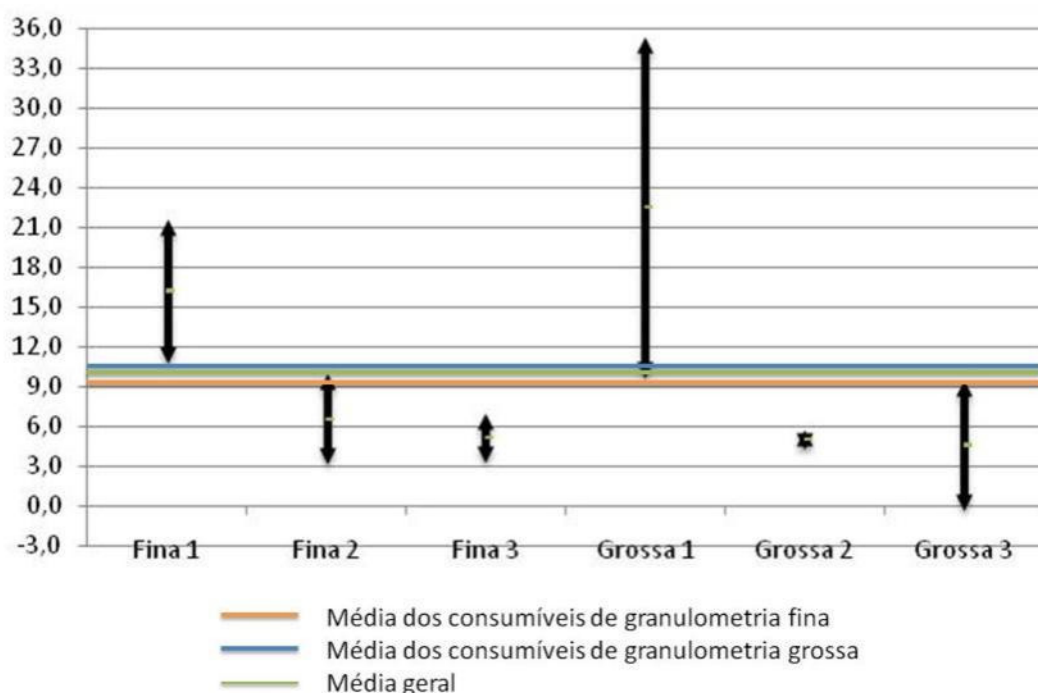


Figura 4. 21 – Resultado gráfico da energia absorvida pelo impacto de Izod por cada amostra analisada

Outra análise a ser feita no ensaio de impacto de Izod modificado é quanto a morfologia apresentada pela fratura. Esta fratura pode ocorrer basicamente em duas regiões: na zona de ligação da zona brasada com o metal de base ou na própria região brasada que secciona o metal de adição.

A sequência de imagens apresentadas na Figura 4. 22 e Figura 4. 23 mostram a morfologia vista frontalmente dos corpos de prova após o impacto. É possível visualizar a região da fratura.

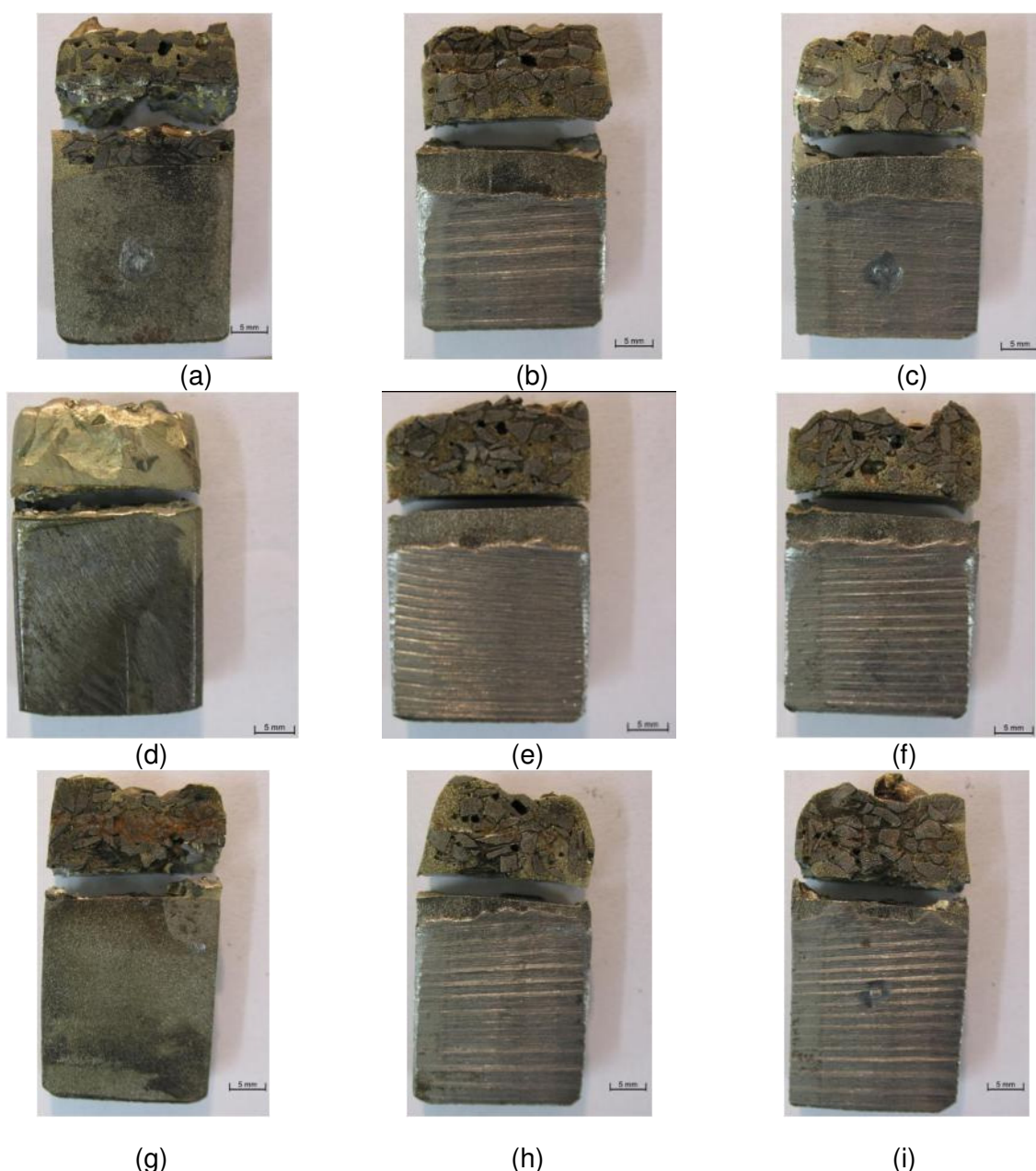


Figura 4. 22 – Corpos de prova de granulometria fina após o impacto sendo (a), (b) e (c) da primeira amostra; (d), (e) e (f) da segunda amostra e (g), (h) e (i) da terceira amostra



Figura 4. 23 - Corpos de prova de granulometria grossa após o impacto sendo (a), (b) e (c) da primeira amostra; (d), (e) e (f) da segunda amostra e (g), (h) e (i) da terceira amostra

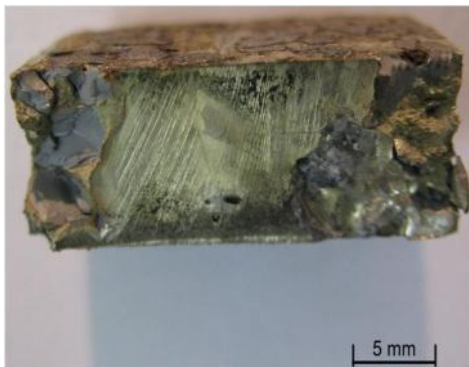
Em síntese, pode ser visualizado na Tabela 4. 11 a zona de fratura registrada para cada amostra. Desta forma foram contabilizadas 4 na zona da matriz e 14 fraturas na zona de ligação da matriz com o metal de base.

Dentro das 14 amostras com fraturas na zona de ligação, sete apresentaram uma forte adesão lateral. Sendo assim apenas o centro ter sido destacado como a região onde a operação de brasagem tenha tido pouca aderência do material de adição com o de base.

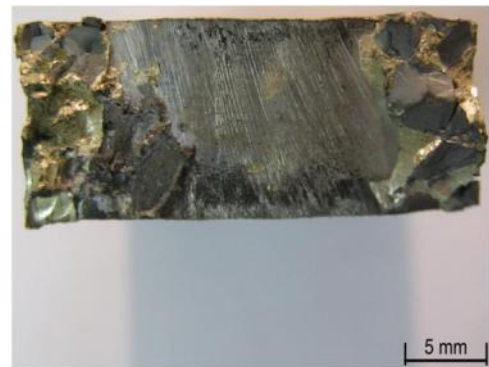
Nestas amostras foram destacadas três que apresentaram uma forte interação onde é possível visualizar que o destacamento lateral levou o rompimento do carboneto e a zona central continuou “lisa”. A Figura 4. 24, Figura 4. 25 e Figura 4. 26 mostram estes resultados.

Tabela 4. 11 – Região da fratura localizada em cada consumível por cada amostra, sendo zona de ligação representada por ZL e zona do metal de adição representado por ZMB

| Consumível | Amostra 1 |     | Amostra 2 |     | Amostra 3 |     |
|------------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
|            | ZL        | ZMB | ZL        | ZMB | ZL        | ZMB |
| Fina 1     |           | X   | x         |     | x         |     |
| Fina 2     | x         |     | x         |     | x         |     |
| Fina 3     | x         |     | x         |     | x         |     |
| Grossa 1   |           | x   |           | x   |           | x   |
| Grossa 2   | x         |     | x         |     | x         |     |
| Grossa 3   | x         |     | x         |     | x         |     |

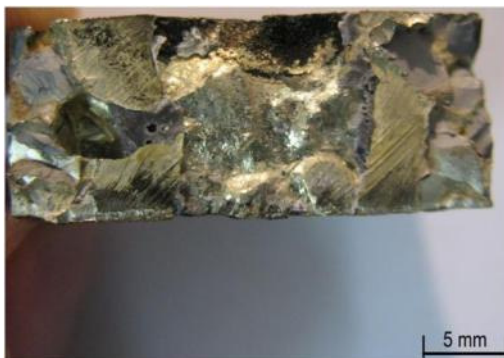


(a)

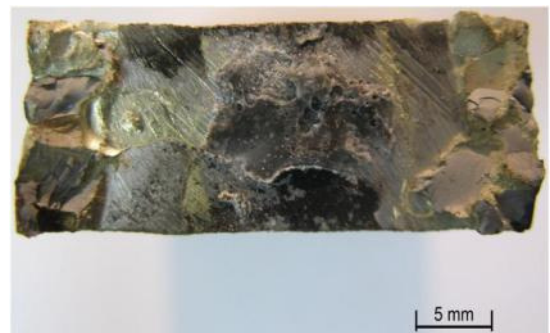


(b)

Figura 4. 24 – Vista superior do metal de base (a) e do metal de adição (b) do segundo corpo de prova da primeira amostra de granulometria fina



(a)



(b)

Figura 4. 25 – Vista superior do metal de base (a) e do metal de adição (b) do terceiro corpo de prova da terceira amostra de granulometria fina

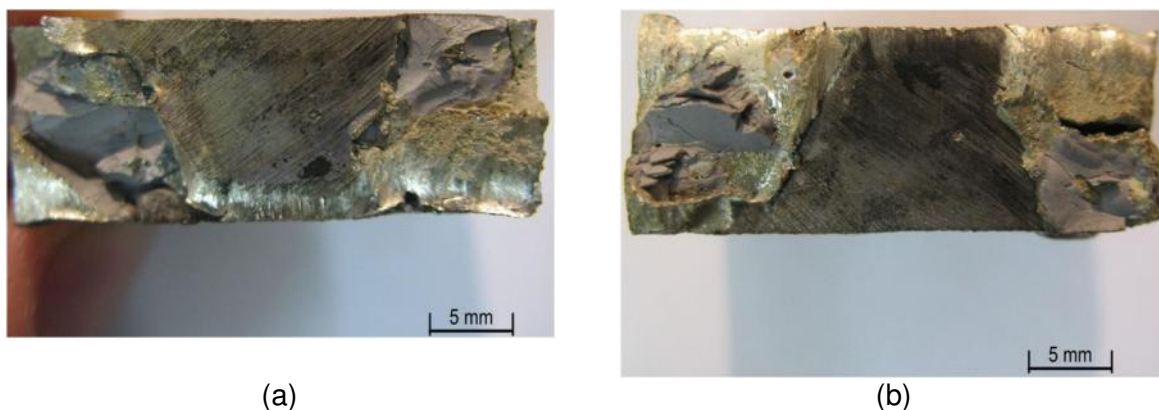


Figura 4. 26 – Vista superior do metal de base (a) e do metal de adição (b) do terceiro corpo de prova da terceira amostra de granulometria grossa

#### 4.3. Ensaio Simulativo

Este ensaio procura mostrar qual tipo de ferramenta possui melhor eficiência segundo a variação da granulometria e rotação empregada na operação de destruição em poços de petróleo. Também é utilizado como verificação da integridade do material brasado e o desempenho da operação de brasagem.

Durante a realização dos ensaios foram levantadas as amostradas de cada teste realizado. Os resultados podem ser vistos nas tabelas 4.12 a 4.15 que mostram a sequência dos ensaios realizada apresentando referência do teste em questão, da rotação utilizada, o corpo de prova utilizado, a granulometria estudada e as medições de massa do corpo de prova e da placa de teste em seus respectivos tempos.

A Tabela 4.12 mostra os ensaios 1 e 2 sendo utilizada a rotação de 75 rpm e a granulometria de grossa. A Tabela 4.13 mostra os ensaios 3 e 4 com rotação de 75 rpm e granulometria fina. A Tabela 4.14 mostra os ensaios 5 e 6 com rotação de 150 rpm com granulometria grossa. E a Tabela 4.15 mostra os ensaios 7 e 8 com a rotação de 150 rpm com granulometria fina.

Os ensaios seguiram de acordo com o esperado mantendo a força constante durante os testes e sendo ajustada, conforme necessário. A força média aplicada seguiu como o esperado de 150 kg. As Figuras de 4.27 a 4.34 mostram os testes realizados para o segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 rpm. Os demais gráficos dos outros ensaios seguem no Anexo C. Os registros de força apresentam alguns “degraus” na leitura dos dados que ocorreram pelo ajuste da força aplicada manualmente.

Tabela 4. 12 - Ensaios 1 e 2 (rotação de 75 rpm e a granulometria grossa) com respectivos corpos de prova e valores de massa medidos após cada teste

| Ensaio | Teste | Rotação (rpm) | CP | Granulometria | Medição | Tempo decorrido (min) | Massa da placa de teste (g) | Massa do corpo de prova (g) |
|--------|-------|---------------|----|---------------|---------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1      | 1     | 75            | 1  | Grossa        | I       | 0                     | 1916,91                     | 1290,74                     |
|        | 2     | 75            | 1  | Grossa        | II      | 30                    | 1916,83                     | 1290,10                     |
|        | 3     | 75            | 1  | Grossa        | III     | 60                    | 1916,71                     | 1289,80                     |
|        | 4     | 75            | 1  | Grossa        | IV      | 90                    | 1916,64                     | 1289,30                     |
|        | 5     | 75            | 1  | Grossa        | V       | 120                   | 1916,57                     | 1289,12                     |
|        | 6     | 75            | 1  | Grossa        | VI      | 150                   | 1916,34                     | 1288,84                     |
|        | 7     | 75            | 1  | Grossa        | VII     | 180                   | 1916,30                     | 1288,68                     |
|        | 8     | 75            | 1  | Grossa        | VIII    | 210                   | 1916,26                     | 1288,56                     |
|        | 9     | 75            | 1  | Grossa        | IX      | 240                   | 1916,25                     | 1288,51                     |
| 2      | 10    | 75            | 2  | Grossa        | I       | 0                     | 1736,81                     | 1303,80                     |
|        | 11    | 75            | 2  | Grossa        | II      | 30                    | 1736,76                     | 1303,11                     |
|        | 12    | 75            | 2  | Grossa        | III     | 60                    | 1736,74                     | 1302,90                     |
|        | 13    | 75            | 2  | Grossa        | IV      | 90                    | 1736,72                     | 1302,46                     |
|        | 14    | 75            | 2  | Grossa        | V       | 120                   | 1736,71                     | 1302,24                     |
|        | 15    | 75            | 2  | Grossa        | VI      | 150                   | 1736,71                     | 1302,17                     |
|        | 16    | 75            | 2  | Grossa        | VII     | 180                   | 1736,69                     | 1302,11                     |
|        | 17    | 75            | 2  | Grossa        | VIII    | 210                   | 1736,64                     | 1301,95                     |
|        | 18    | 75            | 2  | Grossa        | IX      | 240                   | 1736,61                     | 1301,90                     |

Tabela 4. 13 - Ensaios 3 e 4 (rotação de 75 rpm e a granulometria fina) com respectivos corpos de prova e valores de massa medidos após cada teste

| Ensaio | Teste | Rotação (rpm) | CP | Granulometria | Medição | Tempo decorrido (min) | Massa da placa de teste (g) | Massa do corpo de prova (g) |
|--------|-------|---------------|----|---------------|---------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 3      | 19    | 75            | 3  | Fina          | I       | 0                     | 1796,86                     | 1314,84                     |
|        | 20    | 75            | 3  | Fina          | II      | 30                    | 1796,72                     | 1313,69                     |
|        | 21    | 75            | 3  | Fina          | III     | 60                    | 1796,68                     | 1312,84                     |
|        | 22    | 75            | 3  | Fina          | IV      | 90                    | 1796,65                     | 1312,21                     |
|        | 23    | 75            | 3  | Fina          | V       | 120                   | 1796,58                     | 1311,62                     |
|        | 24    | 75            | 3  | Fina          | VI      | 150                   | 1796,52                     | 1311,42                     |
|        | 25    | 75            | 3  | Fina          | VII     | 180                   | 1796,50                     | 1311,22                     |
|        | 26    | 75            | 3  | Fina          | VIII    | 210                   | 1796,48                     | 1309,96                     |
|        | 27    | 75            | 3  | Fina          | IX      | 240                   | 1796,48                     | 1309,36                     |
| 4      | 28    | 75            | 4  | Fina          | I       | 0                     | 1796,48                     | 1320,25                     |
|        | 29    | 75            | 4  | Fina          | II      | 30                    | 1796,41                     | 1319,37                     |
|        | 30    | 75            | 4  | Fina          | III     | 60                    | 1796,39                     | 1319,08                     |
|        | 31    | 75            | 4  | Fina          | IV      | 90                    | 1796,36                     | 1318,69                     |
|        | 32    | 75            | 4  | Fina          | V       | 120                   | 1796,33                     | 1318,42                     |
|        | 33    | 75            | 4  | Fina          | VI      | 150                   | 1796,31                     | 1318,16                     |
|        | 34    | 75            | 4  | Fina          | VII     | 180                   | 1796,30                     | 1317,82                     |
|        | 35    | 75            | 4  | Fina          | VIII    | 210                   | 1796,29                     | 1317,59                     |
|        | 36    | 75            | 4  | Fina          | IX      | 240                   | 1796,29                     | 1317,31                     |

Tabela 4. 14 - Ensaios 5 e 6 (rotação de 150 rpm e a granulometria grossa) com respectivos corpos de prova e valores de massa medidos após cada teste

| Ensaio | Teste | Rotação (rpm) | CP | Granulometria | Medição | Tempo decorrido (min) | Massa da placa de teste (g) | Massa do corpo de prova (g) |
|--------|-------|---------------|----|---------------|---------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 5      | 37    | 150           | 5  | Grossa        | I       | 0                     | 1736,61                     | 1307,94                     |
|        | 38    | 150           | 5  | Grossa        | II      | 30                    | 1736,50                     | 1306,75                     |
|        | 39    | 150           | 5  | Grossa        | III     | 60                    | 1736,49                     | 1306,61                     |
|        | 40    | 150           | 5  | Grossa        | IV      | 90                    | 1736,45                     | 1306,25                     |
|        | 41    | 150           | 5  | Grossa        | V       | 120                   | 1735,10                     | 1305,75                     |
|        | 42    | 150           | 5  | Grossa        | VI      | 150                   | 1734,93                     | 1305,54                     |
|        | 43    | 150           | 5  | Grossa        | VII     | 180                   | 1734,71                     | 1305,31                     |
|        | 44    | 150           | 5  | Grossa        | VIII    | 210                   | 1734,68                     | 1304,85                     |
|        | 45    | 150           | 5  | Grossa        | IX      | 240                   | 1734,67                     | 1304,46                     |
| 6      | 46    | 150           | 8  | Grossa        | I       | 0                     | 1916,65                     | 1312,55                     |
|        | 47    | 150           | 8  | Grossa        | II      | 30                    | 1916,64                     | 1312,20                     |
|        | 48    | 150           | 8  | Grossa        | III     | 60                    | 1916,64                     | 1312,04                     |
|        | 49    | 150           | 8  | Grossa        | IV      | 90                    | 1916,62                     | 1311,38                     |
|        | 50    | 150           | 8  | Grossa        | V       | 120                   | 1916,61                     | 1310,98                     |
|        | 51    | 150           | 8  | Grossa        | VI      | 150                   | 1916,61                     | 1310,70                     |
|        | 52    | 150           | 8  | Grossa        | VII     | 180                   | 1916,60                     | 1310,66                     |
|        | 53    | 150           | 8  | Grossa        | VIII    | 210                   | 1916,60                     | 1310,45                     |
|        | 54    | 150           | 8  | Grossa        | IX      | 240                   | 1916,59                     | 1310,08                     |

Tabela 4. 15 - Ensaios 7 e 8 (rotação de 150 rpm e a granulometria fina) com respectivos corpos de prova e valores de massa medidos após cada teste

| Ensaio | Teste | Rotação (rpm) | CP | Granulometria | Medição | Tempo decorrido (min) | Massa da placa de teste (g) | Massa do corpo de prova (g) |
|--------|-------|---------------|----|---------------|---------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 7      | 55    | 150           | 6  | Fina          | I       | 0                     | 1740,34                     | 1308,34                     |
|        | 56    | 150           | 6  | Fina          | II      | 30                    | 1740,34                     | 1308,08                     |
|        | 57    | 150           | 6  | Fina          | III     | 60                    | 1740,26                     | 1307,62                     |
|        | 58    | 150           | 6  | Fina          | IV      | 90                    | 1740,22                     | 1307,06                     |
|        | 59    | 150           | 6  | Fina          | V       | 120                   | 1740,20                     | 1306,46                     |
|        | 60    | 150           | 6  | Fina          | VI      | 150                   | 1740,19                     | 1306,26                     |
|        | 61    | 150           | 6  | Fina          | VII     | 180                   | 1740,18                     | 1306,16                     |
|        | 62    | 150           | 6  | Fina          | VIII    | 210                   | 1740,16                     | 1305,68                     |
|        | 63    | 150           | 6  | Fina          | IX      | 240                   | 1740,15                     | 1305,37                     |
| 8      | 64    | 150           | 7  | Fina          | I       | 0                     | 1740,15                     | 1307,02                     |
|        | 65    | 150           | 7  | Fina          | II      | 30                    | 1740,14                     | 1306,91                     |
|        | 66    | 150           | 7  | Fina          | III     | 60                    | 1739,94                     | 1305,91                     |
|        | 67    | 150           | 7  | Fina          | IV      | 90                    | 1739,93                     | 1305,78                     |
|        | 68    | 150           | 7  | Fina          | V       | 120                   | 1739,90                     | 1304,78                     |
|        | 69    | 150           | 7  | Fina          | VI      | 150                   | 1739,89                     | 1304,49                     |
|        | 70    | 150           | 7  | Fina          | VII     | 180                   | 1739,89                     | 1304,32                     |
|        | 71    | 150           | 7  | Fina          | VIII    | 210                   | 1739,86                     | 1303,83                     |
|        | 72    | 150           | 7  | Fina          | IX      | 240                   | 1739,86                     | 1303,67                     |

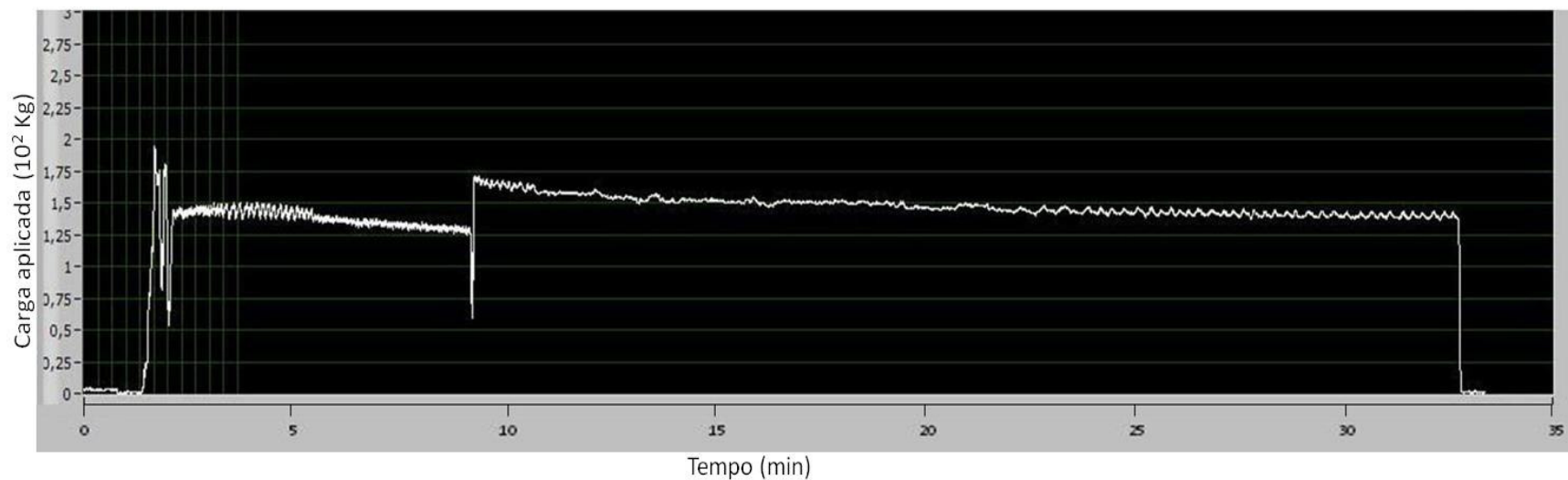


Figura 4. 27 – Força registrada para o primeiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 rpm

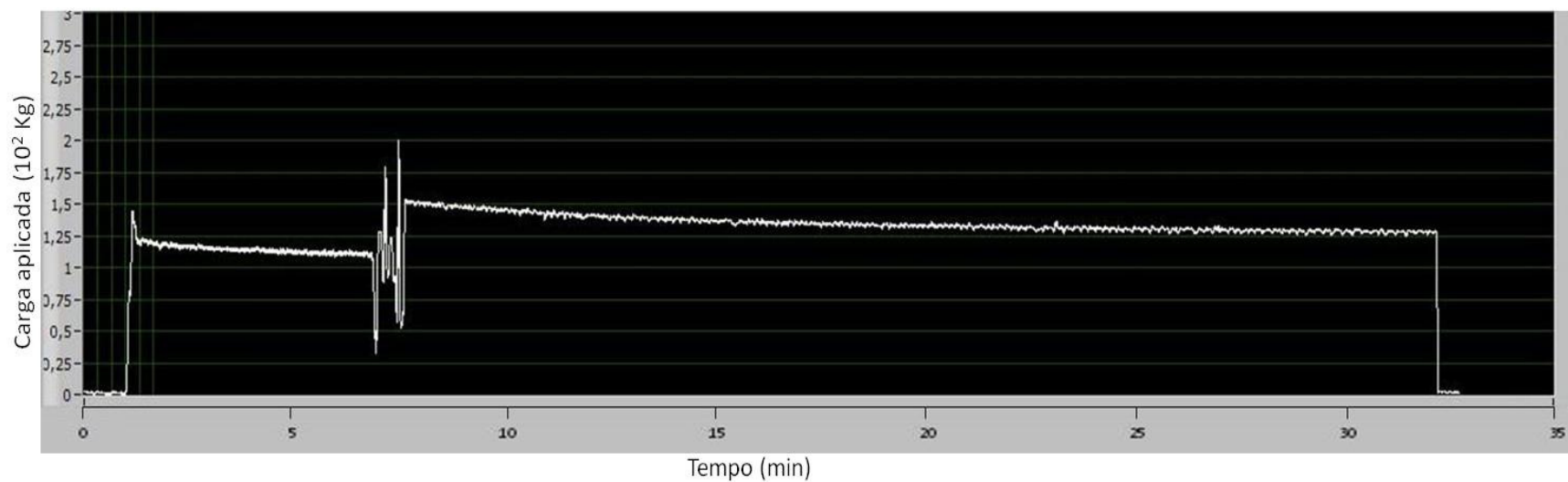


Figura 4. 28 – Força registrada para o segundo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 rpm

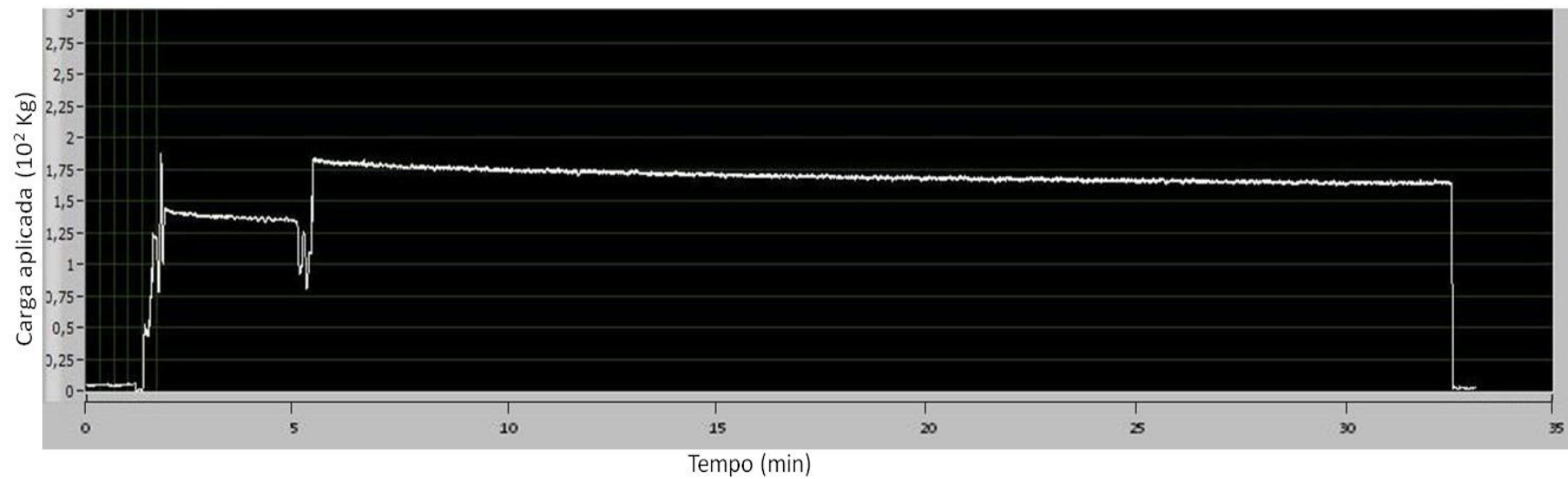


Figura 4. 29 – Força registrada para o terceiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 rpm

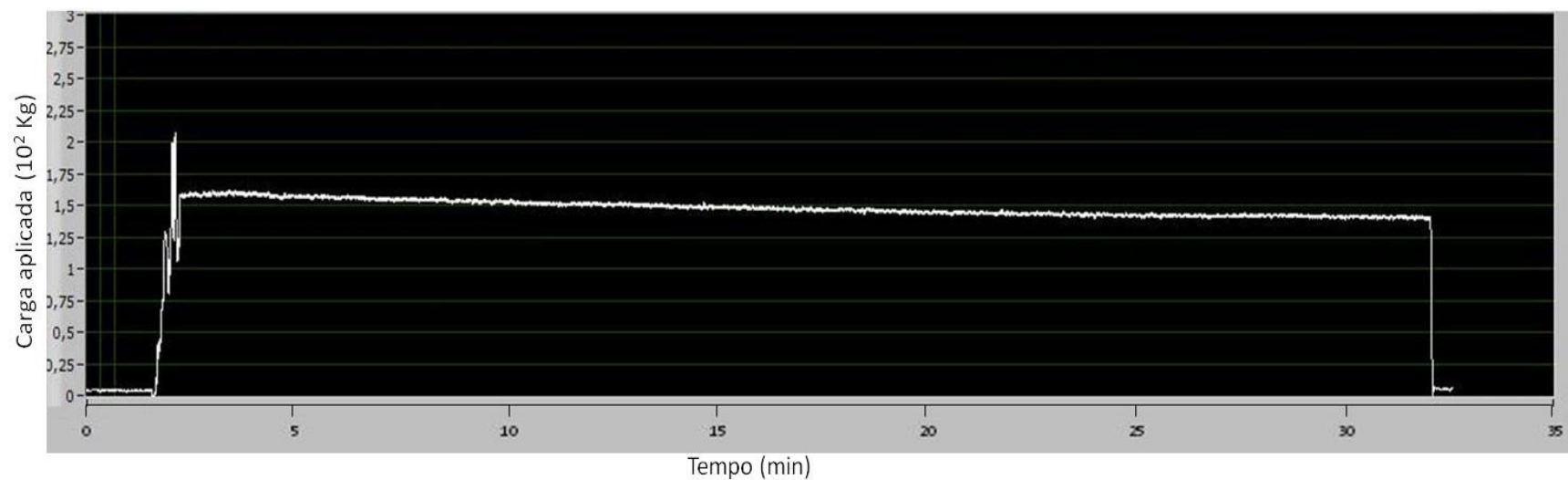


Figura 4. 30 – Força registrada para o quarto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 rpm

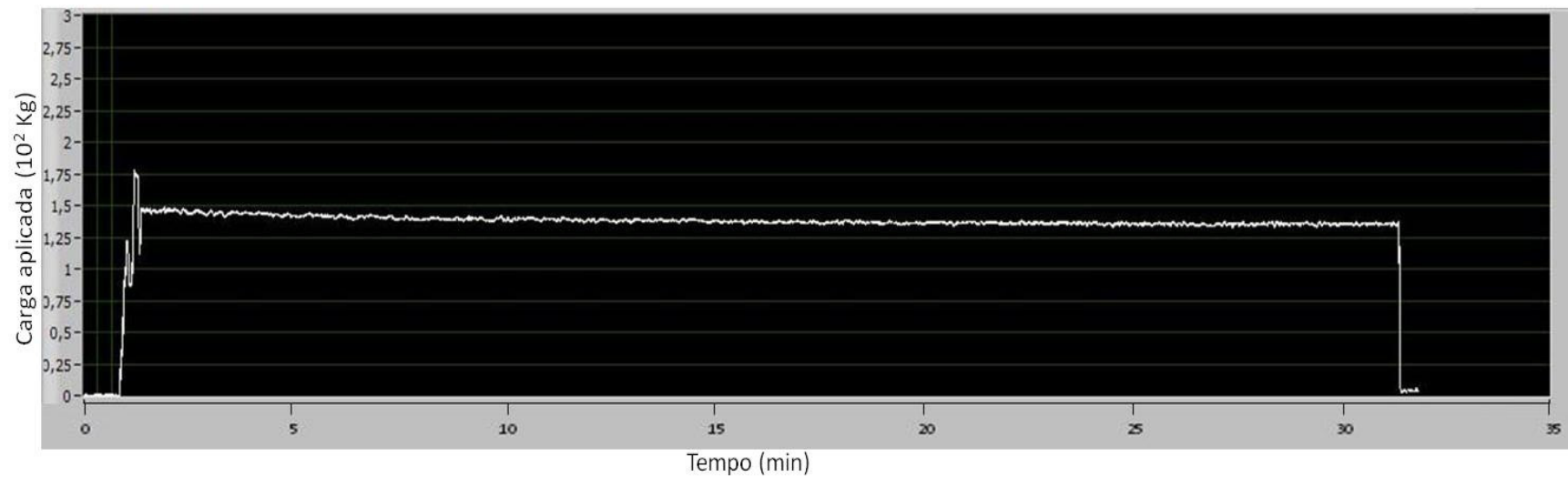


Figura 4. 31 – Força registrada para o quinto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 rpm

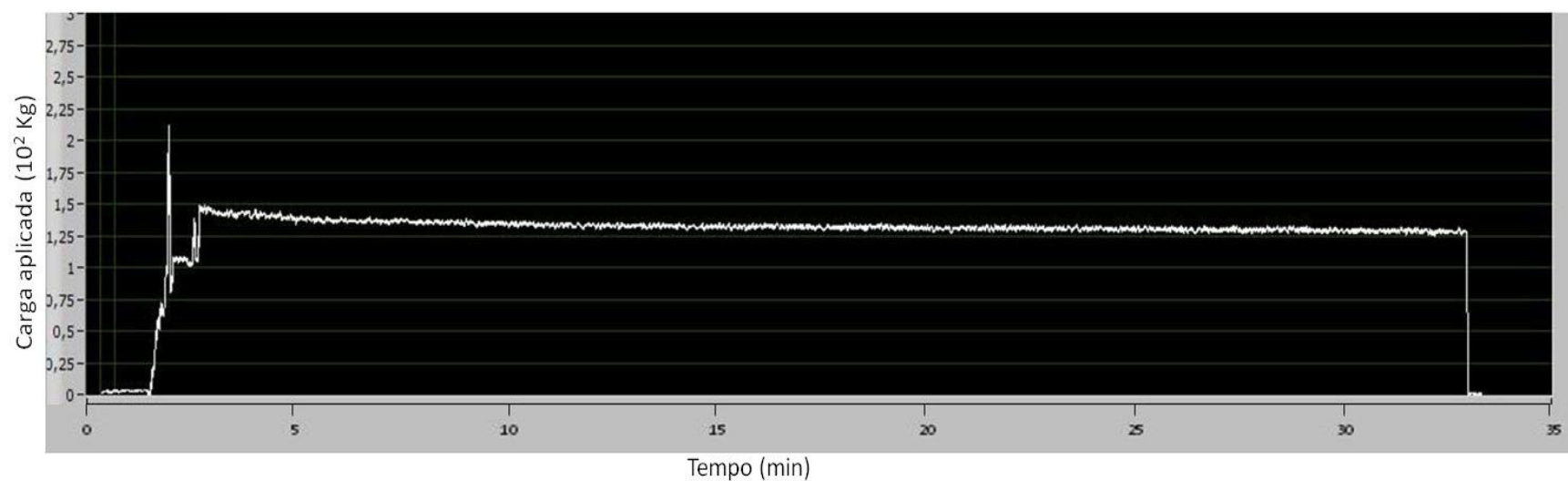


Figura 4. 32 – Força registrada para o sexto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 rpm

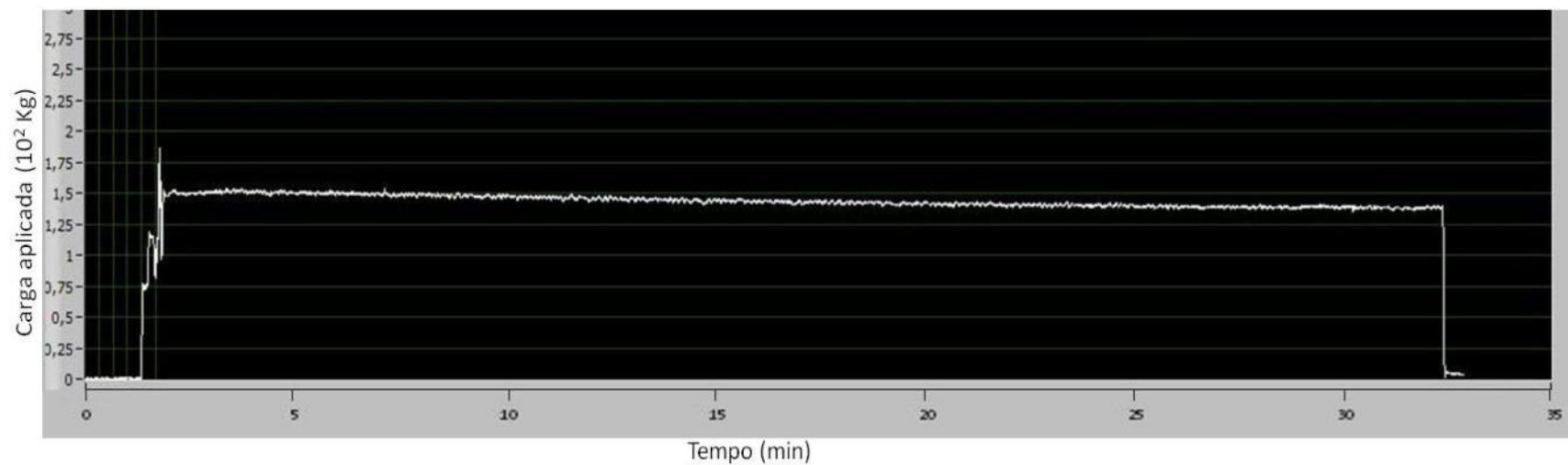


Figura 4. 33 – Força registrada para o sétimo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 rpm

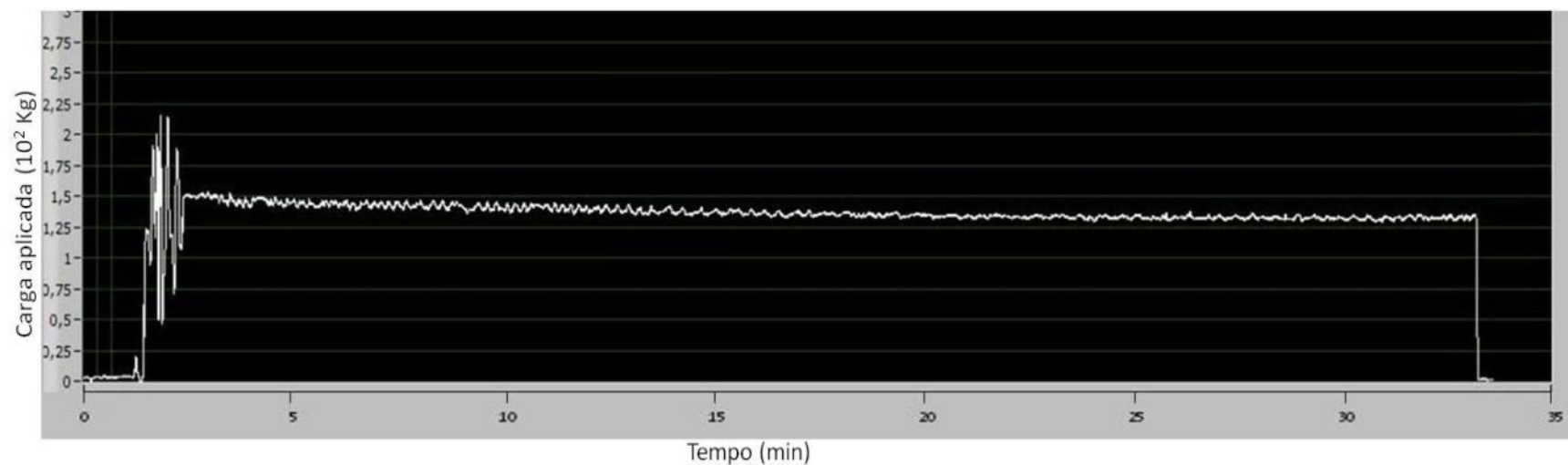


Figura 4. 34 – Força registrada para o oitavo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 rpm

Observa-se uma constante evolução do desgaste dos corpos de prova enquanto as placas de teste registram em alguns casos valores constantes de massa após cada teste. Isto é devido ao alisamento da aresta cortante e não renovação do mesmo. As evoluções dos desgastes dos corpos de prova podem ser visualizadas pelas Figuras 4.35 a 4.42 que mostram graficamente estes resultados de desgaste com os respectivos ajustes, apresentando a contínua evolução do desgaste que teve um desgaste praticamente linear nos casos estudados.

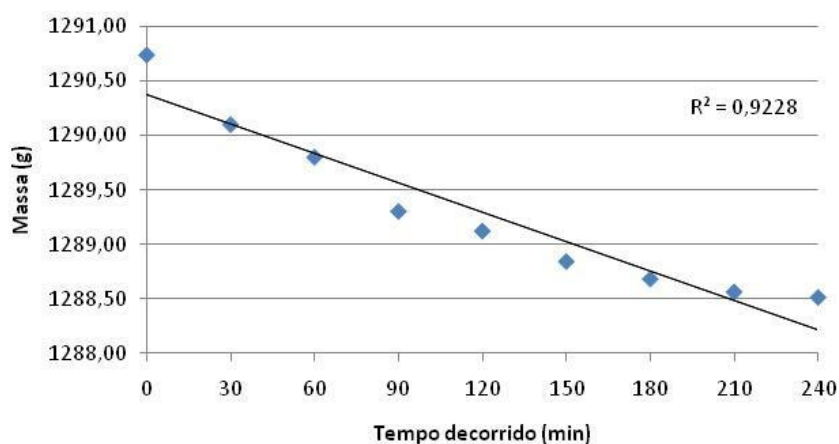


Figura 4. 35 – Evolução gráfica do desgaste do primeiro corpo de prova contra a amostra de brasada de granulometria grossa com rotação de 75 rpm

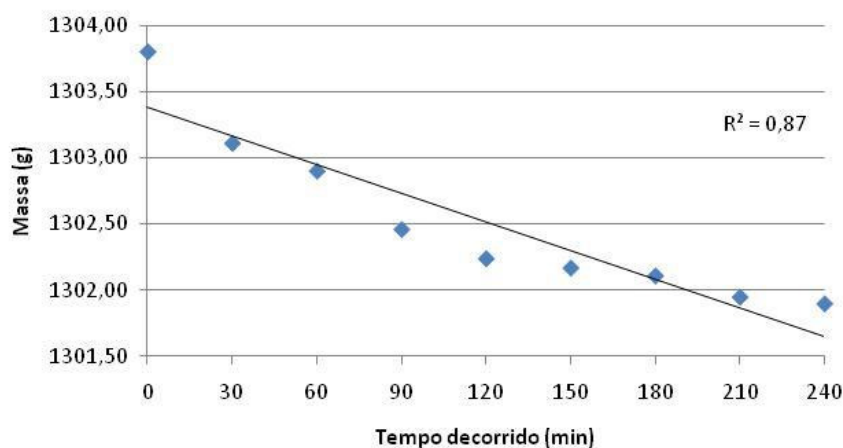


Figura 4. 36 – Evolução gráfica do desgaste do segundo corpo de prova contra a amostra de brasada de granulometria grossa com rotação de 75 rpm

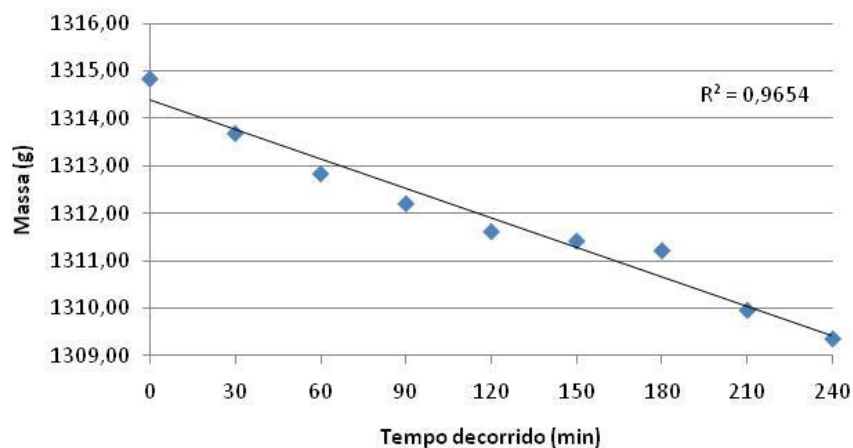


Figura 4. 37 – Evolução gráfica do desgaste do terceiro corpo de prova contra a amostra de brasada de granulometria fina com rotação de 75 rpm

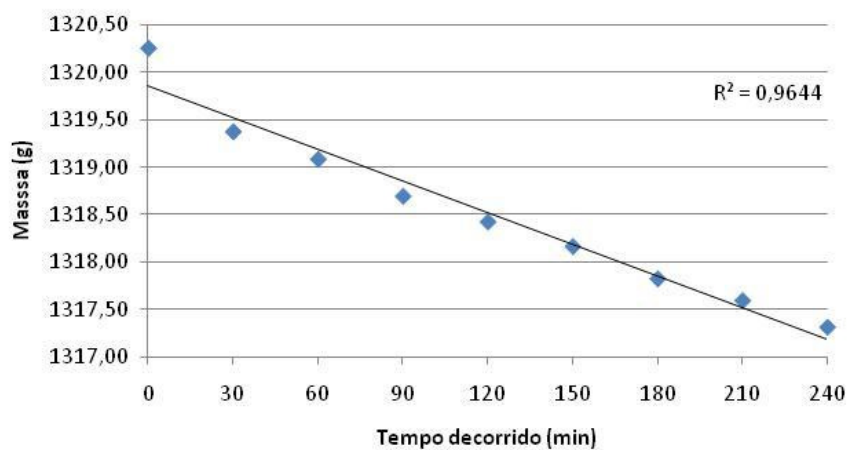


Figura 4. 38 – Evolução gráfica do desgaste do quarto corpo de prova contra a amostra de brasada de granulometria fina com rotação de 75 rpm

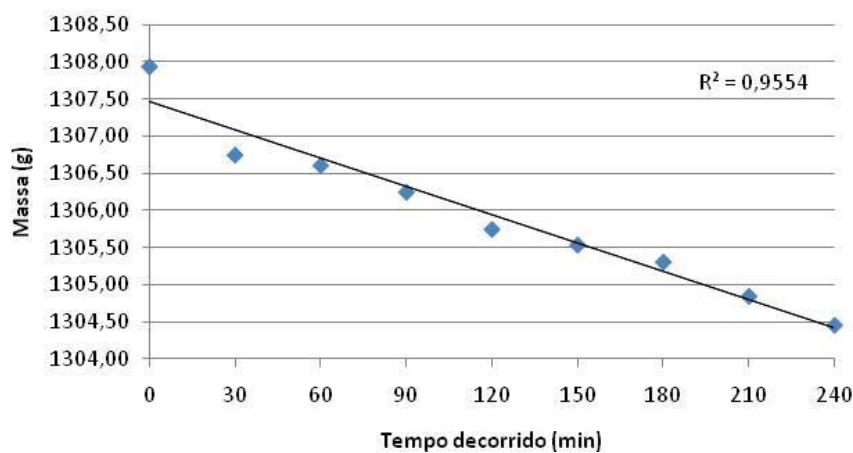


Figura 4. 39 – Evolução gráfica do desgaste do quinto corpo de prova contra a amostra de brasada de granulometria grossa com rotação de 150 rpm

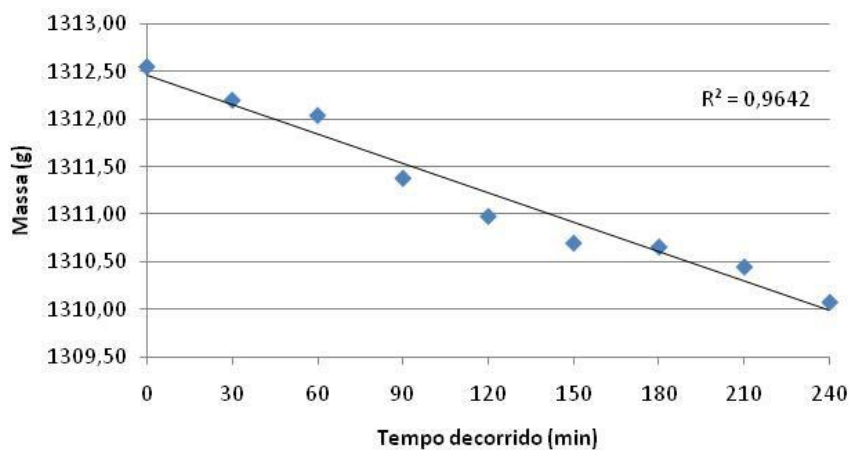


Figura 4. 40 – Evolução gráfica do desgaste do oitavo corpo de prova contra a amostra de brasada de granulometria grossa com rotação de 150 rpm

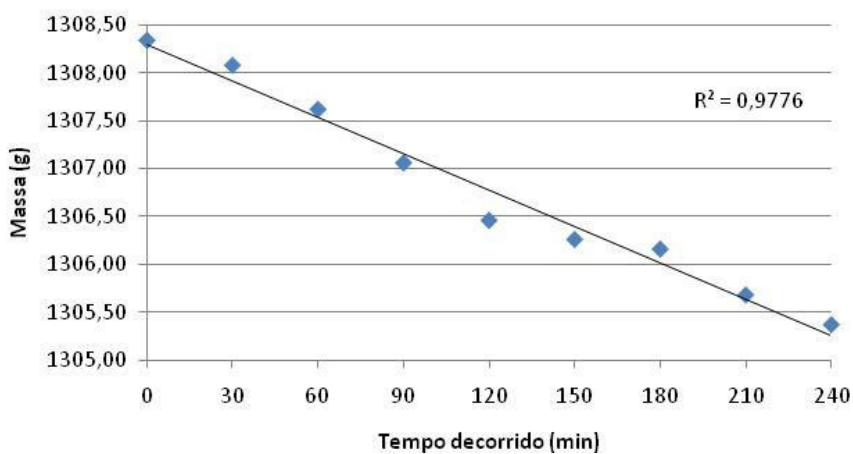


Figura 4. 41 – Evolução gráfica do desgaste do sexto corpo de prova contra a amostra de brasada de granulometria fina com rotação de 150 rpm

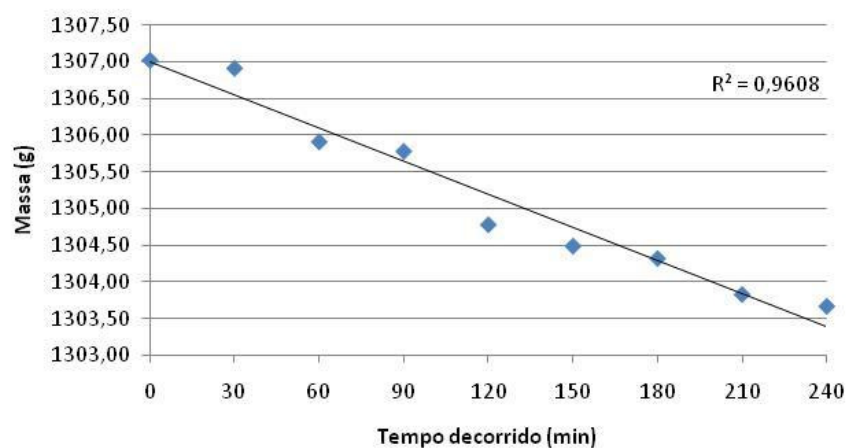


Figura 4. 42 – Evolução gráfica do desgaste do sétimo corpo de prova contra a amostra de brasada de granulometria fina com rotação de 150 rpm

Os gráficos da força aplicada na sequência de ensaios mostram que ao decorrer de cada teste a força tem um decréscimo no valor em relação ao original. Isto ocorre, devido ao desgaste do carboneto que vai substituindo a aresta cortante do mesmo por uma lisa ou com menor poder de usinagem.

Os resultados mostram que a evolução do desgaste se deu de forma contínua e muito próxima quando comparada entre si. A Tabela 4.16 mostra a correlação entre os desgastes dos corpos de prova foram, inicialmente, similares. Esta tabela apresenta a correlação da evolução do desgaste de cada ensaio realizado, mostrando a relação dos mesmos entre si, auxiliando visualizar a dependência de cada um com outro ensaio. Sendo evidenciados (em negrito) os desgastes entre o primeiro e o segundo ensaios de cada grupo de variáveis que se mostraram muito coerente ao resultar nos maiores valores de correlação. Estes valores foram elevados, variando entre 0,97 e 0,99. As correlações com outros resultados já variaram até no mínimo de 0,94, sendo assim também expressivos.

Tabela 4. 16 – Matriz de correlação da evolução do desgaste dos ensaios

|       | 1G75            | 2G75     | 1F75            | 2F75     | 1G150          | 2G150    | 1F150          | 2F150 |
|-------|-----------------|----------|-----------------|----------|----------------|----------|----------------|-------|
| 1G75  | 1               |          |                 |          |                |          |                |       |
| 2G75  | <b>0,992398</b> | 1        |                 |          |                |          |                |       |
| 1F75  | 0,964361        | 0,956251 | 1               |          |                |          |                |       |
| 2F75  | 0,988192        | 0,977268 | <b>0,985683</b> | 1        |                |          |                |       |
| 1G150 | 0,975421        | 0,969761 | 0,988078        | 0,995321 | 1              |          |                |       |
| 2G150 | 0,977642        | 0,961437 | 0,971216        | 0,977067 | <b>0,97177</b> | 1        |                |       |
| 1F150 | 0,971996        | 0,954502 | 0,981978        | 0,976953 | 0,972426       | 0,994854 | 1              |       |
| 2F150 | 0,964171        | 0,942143 | 0,967654        | 0,966113 | 0,957706       | 0,978934 | <b>0,99105</b> | 1     |

Observação: 1G75 e 2G75 correspondem a primeira e segunda amostra de granulometria grossa e rotação de 75 rpm; 1F75 e 2F75 a primeira e segunda amostra de granulometria fina para rotação de 75 rpm; 1G150 e 2G150 a primeira e segunda amostra de granulometria grossa para rotação de 150 rpm; e 1F150 e 2F150 a primeira e segunda amostra de granulometria fina para rotação de 150 rpm.

As amostras brasadas apresentaram um desgaste menor ou, em alguns casos, manteve sua massa. Analisando em paralelo os dois resultados do desgaste da placa de teste e dos corpos de prova são mostrados nas Figuras 4.43 a 4.50.

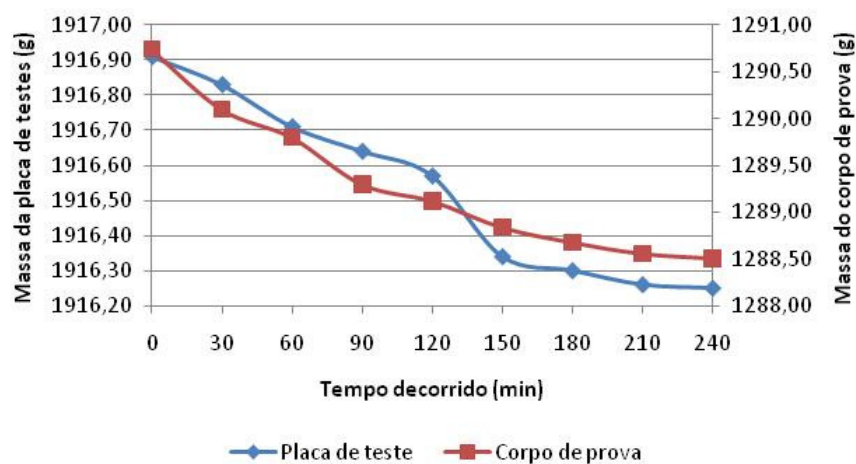


Figura 4. 43 – Primeiro ensaio com o depósito brasado de granulometria grossa com 75 rpm de rotação

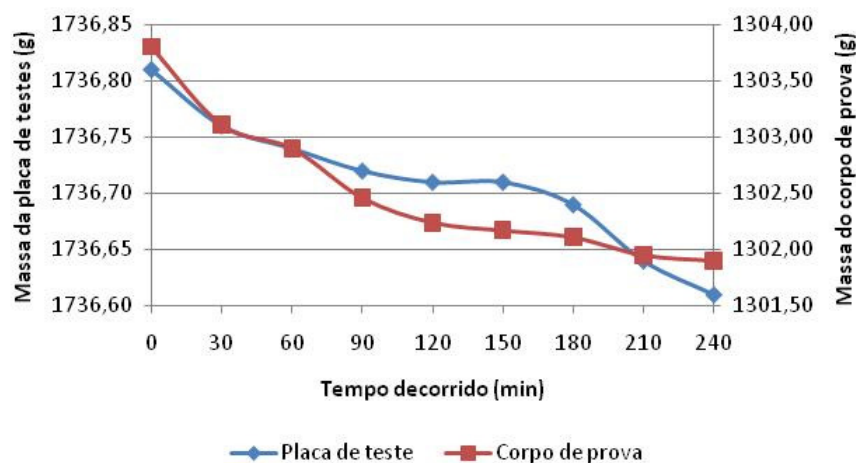


Figura 4. 44 – Primeiro ensaio com o depósito brasado de granulometria grossa com 75 rpm de rotação

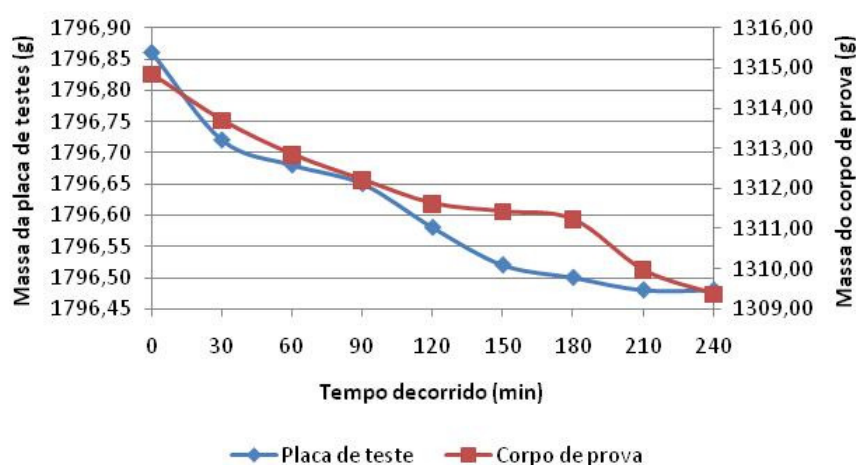


Figura 4. 45 – Primeiro ensaio com o depósito brasado de granulometria grossa com 75 rpm de rotação

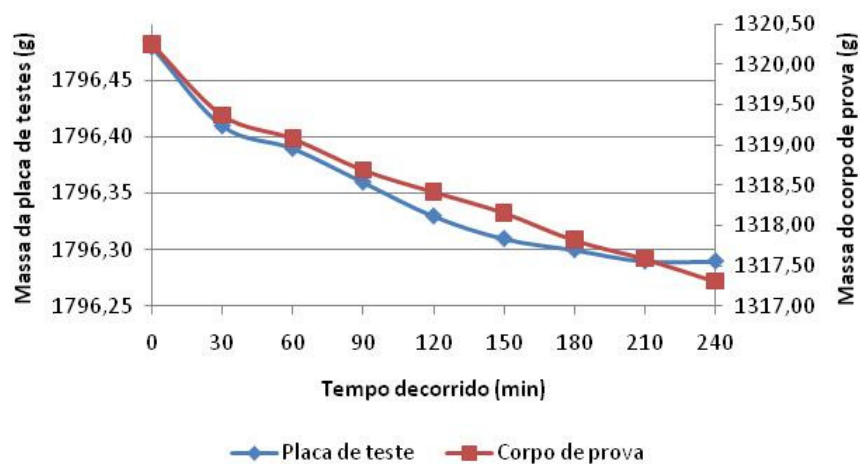


Figura 4. 46 – Primeiro ensaio com o depósito brasado de granulometria grossa com 75 rpm de rotação

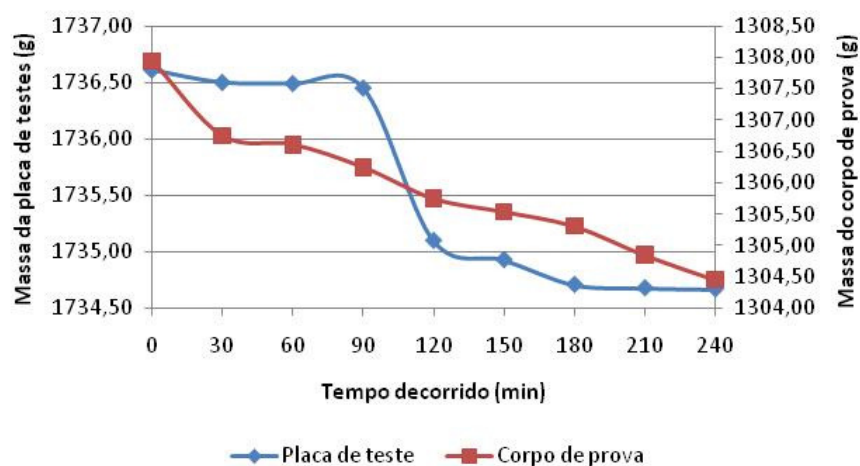


Figura 4. 47 – Primeiro ensaio com o depósito brasado de granulometria grossa com 75 rpm de rotação

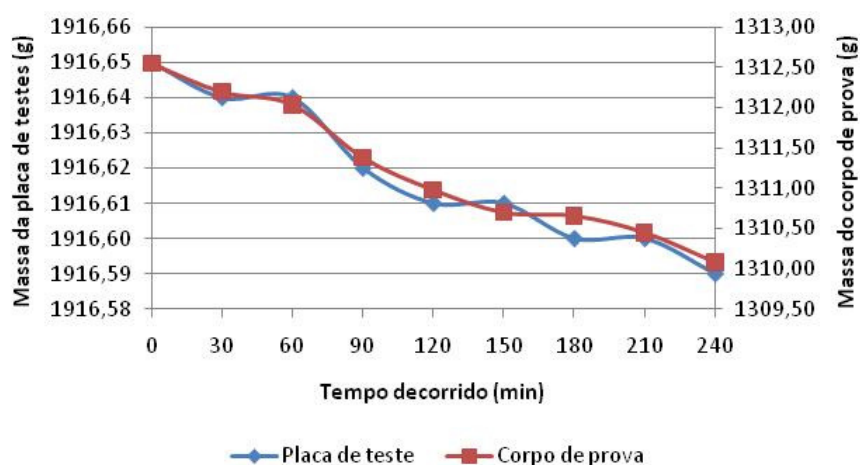


Figura 4. 48 – Primeiro ensaio com o depósito brasado de granulometria grossa com 75 rpm de rotação

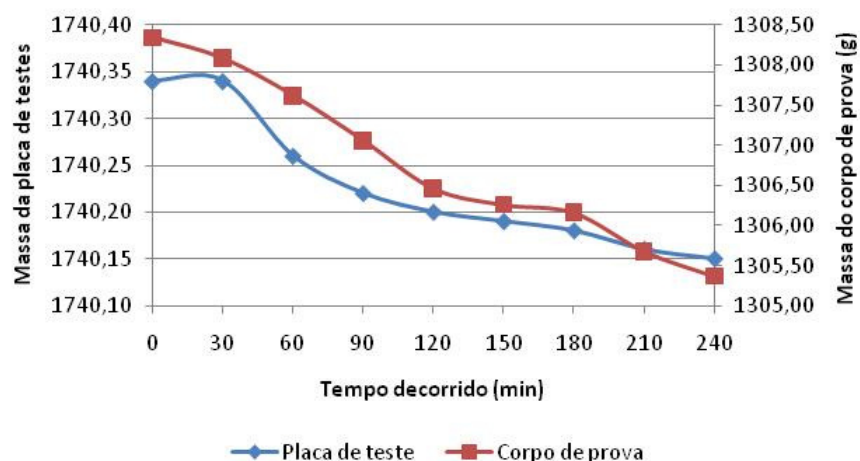


Figura 4. 49 – Primeiro ensaio com o depósito brasado de granulometria grossa com 75 rpm de rotação

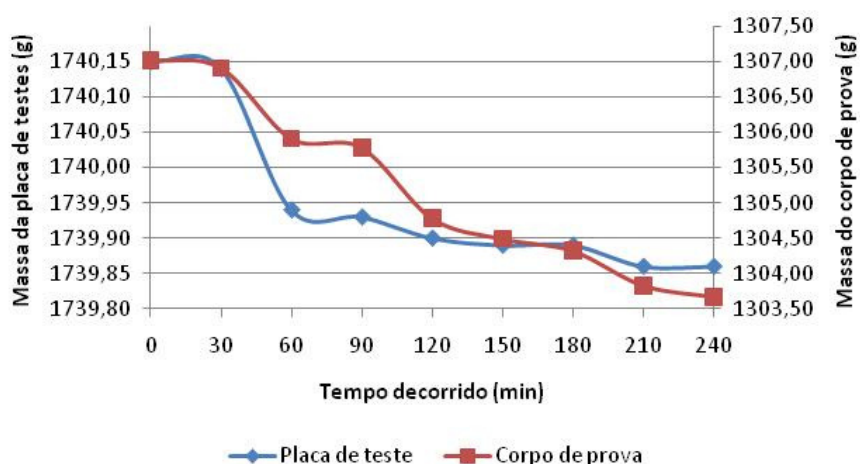


Figura 4. 50 – Primeiro ensaio com o depósito brasado de granulometria grossa com 75 rpm de rotação

Dentro dos ensaios realizados, o primeiro ensaio com granulometria fina a 75 rpm apresentou maior desgaste total, sendo evidenciado pelo intervalo. Porém, este resultado ocorreu à liberação de lascas do corpo de prova. Isto ocorreu devido a alta dureza do material que ocorreu durante o processo de têmpera. Sendo este um caso singular dentre os outros. Isto pode ser observado pela Figura 4.51 que mostra a superfície do material lascada após os testes.



Figura 4. 51 – Corpo de prova ao término do primeiro ensaio com depósito brasado de granulometria fina com rotação de 75 rpm

Descartando o caso apresentado acima, o caso que apresentou maior desgaste foi o de granulometria fina a 150 rpm, em média dos pares de testes realizados. Baseado na média dos intervalos foi obtido os valores de desgaste de cada tipo de teste, apresentado na Tabela 4.17.

Tabela 4. 17 – Variação média dos valores de massa do corpo de prova e da placa de teste do depósito brasado, sendo G75 e G150 para ensaio com granulometria grossa e velocidade de rotação de 75 e 150 rpm, respectivamente, e F75 e F150 para ensaio com granulometria fina e velocidade de rotação de 75 e 150 rpm, respectivamente

|      | Variação média da massa do corpo de prova (g) | Variação média da placa de teste (g) |
|------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| G75  | 2,06                                          | 0,43                                 |
| F75  | 2,94                                          | 0,29                                 |
| G150 | 2,98                                          | 1,00                                 |
| F150 | 3,16                                          | 0,24                                 |

*Observação: G75 corresponde à amostra de granulometria grossa para rotação de 75 rpm; F75 a amostra de granulometria fina para rotação de 75 rpm; G150 a amostra de granulometria grossa para rotação de 150 rpm; F150 a amostra de granulometria fina para rotação de 150 rpm.*

Com estes resultados é possível afirmar que a desempenho do ensaio realizado com rotação de 150 rpm contra o depósito brasado de granulometria fina se mostrou mais promissora; em vista que apresentou maior desgaste total do corpo de prova de 1045 temperado. Em contrapartida, o ensaio utilizando 75 rpm contra o depósito brasado de granulometria grossa apresentou menor resultado.

Concluindo, o procedimento simulativo se mostrou bastante eficaz ao analisar o desempenho da ferramenta destruidora mantendo a força constante durante os ensaios, mostrando a evolução do desgaste e evidenciando qual tipo de ferramenta e rotação apresentam melhores resultados de produtividade.

#### **4.4. Definição dos padrões de aceitabilidade**

Ao realizar a sequência de ensaios desde o recebimento dos consumíveis, a verificação do depósito brasado pelo ensaio de produção e avaliação final de ferramenta pelo ensaio simulativo foi possível estabelecer padrões de análise e aceitação dos mesmos.

##### **4.4.1. Recebimento dos consumíveis**

Para avaliar a vareta de carboneto de tungstênio em matriz de alpaca é necessário que sejam feitos os estudos da gravimetria e análise de imagem. Estes se mostraram ferramentas poderosas para decidir sobre a aceitação ou não do consumível. No caso em questão ao se utilizar os atuais critérios desenvolvidos em conjunto com a Petrobrás (SCOTTI, FERRARESI, VILARINHO, 2008), tem-se uma avaliação completa por determinar a massa de carbonetos de tungstênio presente na matéria prima e a distribuição destes carbonetos ao longo da vareta (consumível) através da análise de imagem.

A análise de imagem, utilizando diferentes ângulos de exame, se mostrou eficaz evidenciando que dependendo do ângulo escolhido para a avaliação este pode apresentar um resultado positivo ou não. O tipo de análise realizada sendo variado o ângulo em 15° até 75° a partir do ponto zero se mostrou bastante promissor e completo, não havendo necessidade de uma avaliação completa de 360° do consumível.

##### **4.4.2. Ensaio de Produção**

Os ensaios propostos para a avaliação do material brasado mostraram-se promissores para avaliar o brasador que irá realizar a operação necessária com os consumíveis. Avaliando a força de impacto, definindo o tipo de fratura e o local de ocorrência da mesma. O ensaio de Impacto de Izod modificado avaliou de forma satisfatória.

O processamento e análise de imagens do depósito brasado se mostrou eficiente tendo que apenas como padrão de análise ser realizado utilizando uma resolução máxima de 800x600 pixels da imagem. Uma vez que, resoluções maiores mostraram um resultado

indesejado ao apresentar zonas muito pequenas destacadas de vazios ou não conseguindo, na maior parte das análises realizadas, evidenciar de forma satisfatória. E sendo necessário utilizar a faixa de 50 a 75 para o valor da *Matriz Scan* no caso de depósito de granulometria fina e no caso de depósitos com granulometria grossa utilizar 100 como valor para a *Matriz Scan*.

#### **4.4.3. Ensaio Simulativo**

O equipamento desenvolvido para este ensaio correspondeu às expectativas necessárias para a realização do ensaio, onde se obteve resultados que evidenciam qual granulometria e rotação mais eficiente a ser utilizada na operação de destruição em poços de petróleo. Nos casos estudados, se mostraram mais eficientes os resultados realizados com depósito brasado de granulometria fina utilizando uma rotação de 150 rpm.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSÃO**

A partir dos resultados obtidos, com as condições de realização desse trabalho, foi possível chegar às seguintes conclusões, que seguem a ordem principal das três etapas principais.

a) Quanto aos ensaios para o recebimento de consumíveis:

- ✓ O processamento e análise de imagens para avaliação de consumíveis se mostrou eficiente no cálculo da porcentagem em massa de carboneto de tungstênio (WC-Co) na matriz de alpaca (liga Cu-Zn-Ni) e na sua distribuição ao longo do consumível (vareta);
- ✓ A gravimetria se mostrou adequada para distinguir a porcentagem de massa do WC-Co e da alpaca do consumível;
- ✓ O uso de diferentes ângulos para se realizar o processamento de imagens de cada vareta foi importante para a definição da qualidade desta com respeito à distribuição dos carbonetos;

b) Quanto aos ensaios relacionados à produção:

- ✓ Ambos os ensaios propostos (processamento de imagem e ensaio de impacto Izod modificado) mostraram-se adequados no cálculo da distribuição dos carbonetos nas

placas de teste e na aderência do depósito WC-Co+alpaca sobre o substrato (aço SAE 4340) realizado por brasagem;

- ✓ O processamento e análise de imagens do depósito brasado mostrou que quanto maior a dimensão da granulometria trabalhada maior o valor de Matriz Scan para a rotina computacional utilizada, sendo 75 e 100 para granulometria fina e grossa, respectivamente;
- ✓ O ensaio de Impacto de Izod modificado se mostrou eficiente para analisar o tipo de fratura e o local da fratura do depósito brasado, substituindo o martelamento utilizado por algumas empresas;

c) Quanto ao ensaio simulativo:

- ✓ Através do ensaio simulativo foi possível evidenciar qual granulometria e rotação mais eficiente a ser utilizada na operação de destruição em poços de petróleo;
- ✓ Nos casos estudados do ensaio simulativo se mostraram mais eficientes os resultados realizados com depósito brasado de granulometria fina utilizando uma rotação de 150 rpm;
- ✓ O dinamômetro proposto alcançou os resultados esperados, ao mostrar que o equipamento registra os valores de força de modo eficaz.

Em suma, a proposta de métodos e ensaios indicados alcança seus objetivos de análise para a acreditação de ferramentas destruidoras de partes de colunas utilizadas em poços de petróleo. Considerando, como de acordo com o apresentado na revisão bibliográfica, não há nenhuma norma de qualificação destas ferramentas, ou que seja direcionada a este julgamento de aceitação ou não, conclui-se, assim, que este trabalho se mostra como uma referência inicial para realizar tal proposta normativa, para que possa vir a ser utilizada por empresas no setor de petróleo e gás.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS**

Como forma de complementar os estudos realizados neste trabalho, sugere-se os seguintes temas:

- ✓ Consolidar as proposições efetuadas ao longo do trabalho na forma de um projeto de norma a ser submetido para empresas de potencial interesse, para que com a necessidade da indústria, possa-se chegar a uma norma de acreditação de ferramentas destruidoras.
- ✓ Analisar consumíveis de diferentes empresas para a etapa de recebimento de consumíveis, delimitando fornecedores e estabelecendo critérios para compra;
- ✓ Estudar diferentes granulometrias, como no caso que foram estudados carbonetos com dimensão de 2 a 4 mm e 6 a 8 mm, podendo estudar uma granulometria de dimensão intermediária (4 a 6 mm);
- ✓ Avaliar diferentes composições do WC-Co, por exemplo, composto de variações da composição de cobalto como 5, 8 ou 10%;

- ✓ Verificar se outras empresas produzem consumíveis de formas diferentes das descritas no presente trabalho e avaliar caso necessário uma faixa maior de ângulos no processamento de imagens;
- ✓ Avaliar diferentes brasadores para o ensaio de produção com a finalidade de definir a eficiência das ferramentas destruidoras ao ser produzida e/ou sofrer manutenção por um brasador experiente ou não;
- ✓ Aprimorar a rotina computacional da análise de imagens do depósito brasado para procurar “vazios” múltiplos numa mesma imagem;
- ✓ Estudar a relevância da topografia do depósito brasado quanto a distribuição e influência do desgaste;
- ✓ Estudar a influência de diferentes fluidos que simulem o ambiente da operação de destruição com maior profundidade;
- ✓ Desenvolver ou adaptar a célula de carga atual para injetar fluido de dentro da mesma e verificar sua relevância ou não;
- ✓ Desenvolver uma célula de carga com maior resistência para estudar a influência de maiores cargas no ensaio simulativo.

## **CAPÍTULO VII**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT NBR ISO/IEC 17011:2005, Avaliação de conformidade - Requisitos gerais para os organismos de acreditação que realizam acreditação de organismos de avaliação de conformidade, 2005, 23p.

ADKINS, C. S., 1993, Economics of Fishing: SPE Technical Paper 20320.

ARAÚJO, D. B. ; RESENDE, A. A. ; VILARINHO, L. O. . Development and Assessment of Software for Image Analyses of Composite Material. In: 18th International Congress of Mechanical Engineering, 2005, Ouro Preto - MG. Proceedings of COBEM 2005 18th International Congress of Mechanical Engineering, 2005

ASTM A370 – 10, Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products, 2010.

ASM INTERNATIONAL, Welding, brazing and soldering, Volume 6, 1993.

ASM INTERNATIONAL, Metals Handbook – Desk Edition, 1471-1512, 1998.

BAKER HUGHES, Introduction to Wireline Log Analysis, Baker Atlas, 309pp, 2002.

BEZERRA, B. S. L.; Estudo para prevenção de falhas de hastes d bombeio de petróleo através de aplicação de revestimento NiCr, Aracaju, 2007.

BOURGOYNE, A. T., YOUNG, F. S. Jr.: "A multiple Regression Approach to Optimal Drilling and Abnormal Pressure Detection." Paper SPE 4238, Society of Petroleum Engineers Journal 371-384; AIME, 257, 1974.

BRANTLY, J. E., Percussion Drilling System: API History of Petroleum Engineering, Dallas, Boyd Publishing, p. 133-271, 1961.

CAICEDO H. U., CALHOUN W. M., Unique ROP Predictor Using Bit-specific Coefficient of Sliding Friction and Mechanical Efficiency as a Function of Confined Compressive Strength Impacts Drilling Performance, National Technical Conference and Exhibition, held at the Wyndam Greenspoint in Houston, Texas, April 5-7, 2005.

CAPORALI, G., HEIMER, J. A., JOHANSEN, A. R., REEVE, N., THOMAS, G. A. N., Catalogue of International standards used in the petroleum and natural gas industries, International Association of Oil & Gas Producers, nº 362, 2005.

CHARMINAR, General Guidelines for Effective Milling, Empresa Charminar, disponível em: <[www.charminarenergy.com/](http://www.charminarenergy.com/)>. Acesso em: 15/05/2010.

CEARLY, J. D., Fishing Techniques for Drilling Operations, Cearly Technology, disponível em: <<http://barnettshale.us/>>. Acesso em: 20/05/2010.

CEARLEY, K., 1998, Personal communication.

COKSA, Fabricante, Catálogo de consumíveis, disponível em: <<http://www.coksa.com/hojas/ingles.htm#coksa>>. Acesso em: 12/05/2010.

CORRÊA, O. L. S.; Petróleo: noções sobre exploração, perfuração e microbiologia; Rio de Janeiro, Interciencia, 2003.

CUNHA, J. S., D'ALMEIDA, A. L., Implementation of a Risk Analysis Method on Fishing Operations Decisions: SPE Technical Paper 36101, 1996.

da CUNHA E. S., Identificação de Litofácies de Poços de Petróleo Utilizando um Método Baseado em Redes Neurais Artificiais, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2002.

DESAL, P. C., Milling apparatus with replaceable blades, Int Cl. E21B 10/32, 0 397 417, 04-mai-1990.

Dicionário de termos técnicos do campo de óleo e gás, disponível em :<  
<http://oilglossary.com/>>. Acesso em: 24/05/2010.

FAPESP, Artigo afirma que o mundo tem petróleo para dar e vender, Revista Brasileira de Tecnologia e Negócios de Petróleo, Gás, Petroquímica, Química Fina e Indústria do Plástico, São Paulo, 2004.

FISHINGCT01. Produção: Baker Hughes, Houston, USA, disponível em:  
 <<http://www.mms.gov/tarprojects/439.htm>>, Houston, EUA, vídeo mpg (2:11 min)  
 son., col., 2002.

GILBERT, H. E., STRONACH, G. R., Junk mill, Int Cl. B23B 51/00, 2 242 379, 02-out-1991.

HAUSER, D., The basics of brazing and soldering, Pratical Welding Today, EUA, 2008.

International Association of Oil & Gas Producers, Regulator's use of standards, nº 426, 2010.

LIMA, H. R. P., Fundamentos de Perfuração. Apostila do curso de formação de engenheiros de petróleo da Petrobras, Centro de Desenvolvimento de Recursos Humanos Norte-Nordeste, Salvador: 2001, cap. I, II e 9, p. 1-14 e 159-166.

LYNDE, G. D., HARVEY, H. H., Downhole milling tool, número de patente 5373900, 20-dez-1994.

LYNDE, G. D., PRICE, M., Cutting tool for well casing, número de patente: 4887668, 19-dez-1989.

LYONS, W., C., Standard handbook of petroleum e natural gas engineering, volume 1, 747-852, 1996.

LUYCKX, S., LOV., A. The dependence of the contiguity of WC on Co content and its independence from WC grain size in WC–Co alloys, Science of hard materials, International Conference on the Science of Hard Materials, 75-79, 2005.

LUCENA, L. F. L., CAVALCANTI, M. S. L., MORAIS, C. R. S, OLIVEIRA, N. M. S., Estudo gravimétrico de resíduos vítreos domésticos do lixão de Campina Grande – PB, 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Salvador, 2007.

KALPAKJIAN, S., SCHMID, S., R.; Manufacturing Engineering and Technology; 4a. edição; Prentice Hall, 2001.

MOORE, E. E., Fishing and Freeing Stuck Drill Pipe: Fundamentals of Rotary Drilling, Dallas, The Petroleum Engineer, p. 109-114, 1955.

OLIVEIRA N., Petrobras anuncia contratação por afretamento de 12 sondas de perfuração ao custo de US\$ 8 bilhões, 4 de Junho de 2008, disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2008/06/04/materia.2008-06-04.9377923477/view>> Acesso em: 15/07/2010.

PARVEEN, Industries, Fishing & Milling Tools, India, 2005. Disponível em: <[http://www.parveen.in/pro\\_pg/11%20fishing.htm](http://www.parveen.in/pro_pg/11%20fishing.htm)> Acesso em 26 abr. 2010.

PIRSO, J., LETUNOVITS, S., VILJUS, M. Friction and wear behavior of cemented carbides, Wear 257, pág 257-265, 2004.

PLACIDO, J. C. R., EHLERS, M., COSTA FILHO, A. A., VILARINHO, L. O. . Ensaios de Consumíveis Utilizados na Fabricação de Ferramentas Destruidoras. In: V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 18 a 22 de Agosto, 2008, Salvador. Anais do V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, v. 1. p. 1-10, 2008.

POZAS, L. F. Predição do Desgaste de Brocas para Perfuração de Poços de Petróleo Utilizando Redes Neurais, Santa Catarina, UFSC, 2003.

REYNOLDS, C., D., CARTER, T., B., YUKON, P., H., Milling Tool, Int Cl. E21B 10/56, 4 717 290, 05-jan-1988.

ROCHA, L. A. S. et alii; Perfuração Direcional, 2 ed. – Rio de Janeiro, Interciência, 83-106, 2008.

SAITO, H., IWABUCHI A., SHIMIZU, T.; Effects of Co content and WC grain size on wear of WC cemented carbide, Japan, Wear 261 pág 126–132, 2006

SCHOFIELD, T. R., WHELEHAN O. P., BARUYA A., A New Fishing Equation, SPE Technical Paper 22380, 1992,.

SCOTTI, A., FERRARESI, V. A., VILARINHO, L. O., RELATÓRIO TÉCNICO FINAL, Pesquisa Cooperativa Petrobrás/UFU – Otimização de Ferramentas Destruidoras de Partes de Colunas Utilizadas em Poços de Petróleo, Uberlândia, Agosto de 2005.

SERMÃO, G.; Os custos de produção do petróleo bruto, revista O Petróleo ANO II - N. 7 - Julho/Agosto/Setembro – 2009

SHORT, J.A., Prevention, Fishing, and Casing Repair: Tulsa, PennWell, 559p., 1995.

SILVA, M. F. P., SANTOS, J. B.; Gestão de resíduos em sondas de perfuração, Revista Brasileira para Divulgação das Atividades de Responsabilidade Social no Setor de Óleo, Gás e Energia; TN Petróleo nº 62, 176-180, 2008.

THOMAS, J. E.; Fundamentos da Engenharia do Petróleo, 2ª edição, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2001.

YANG, Q., SENDA, T., OHMORIB A.; Effect of carbide grain size on microstructure and sliding wear behavior of HVOF-sprayed WC–12% Co coatings; Tokyo, Japan ; Wear 254 pág. 23–34, 2003.

VEGA, M. P., VIEIRA, F. R. B., MARTINS, A. L., Multi-objective Optimization of an Oil Well Drilling Process for Safe Process Operation, 2010, Rio de Janeiro – RJ.

WELLTONIC, Milling / Under-reaming Case Histories, Empresa Welltonic, disponível em: <<http://www.welltonic.co.uk>>. Acesso em:13/05/2010.

## ANEXO A

### MANUAL DE OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE SIMULAÇÃO DE FERRAMENTAS DESTRUIDORAS EM POÇOS DE PETRÓLEO

#### A.1 Considerações gerais de segurança



##### RECONHEÇA AS INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA

Os símbolos mostrados nesta seção são usados para identificar riscos potenciais. Quando vir um símbolo de segurança neste manual ou em sua máquina, compreenda o potencial de ferimentos pessoais e siga as instruções relacionadas para evitar o risco.



##### SIGA AS INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA

Leia cuidadosamente todas as mensagens de segurança deste manual e as etiquetas de segurança na sua máquina.

- Conserve as etiquetas de segurança na sua máquina em boas condições. Substitua imediatamente etiquetas que falem ou estejam danificadas.

- Mantenha a máquina em condições de trabalho apropriadas. Modificações não autorizadas na máquina podem afetar a segurança e a vida útil da máquina.
- Aprenda a operar a máquina e a utilizar os controles de forma correta. Não permita que ninguém a opere sem conhecimento.



## PERIGO ADVERTÊNCIA CUIDADO

As palavras de aviso de PERIGO ou ADVERTÊNCIA são usadas com um símbolo de segurança. PERIGO identifica os riscos mais sérios.

- As mensagens de segurança de PERIGO precedem as respectivas instruções, constantes no manual, que irão resultar em grave acidente, caso não sejam seguidas corretamente.
- Mensagens de segurança de ADVERTÊNCIA precedem as instruções relacionadas neste manual que poderão resultar em ferimentos ou morte se não forem seguidas corretamente.
- Mensagens de segurança de CUIDADO precedem as respectivas instruções, constantes no manual, que podem resultar em acidente ou danos menos graves aos equipamentos, caso não sejam seguidas corretamente.



### O CHOQUE ELÉTRICO PODE MATAR

O contato com peças elétricas energizadas pode causar choque fatal ou queimaduras graves.

- Use luvas e botas isoladas e mantenha secos seu corpo e suas roupas.
- Você não deve ficar de pé, sentar-se ou se apoiar – ou tocar – em qualquer superfície úmida quando usar o sistema.
- Isole-se do trabalho e do piso usando capachos ou coberturas isolantes secos e grandes o bastante para impedir qualquer contato físico com o trabalho ou o piso. Se precisar trabalhar próximo de ou em uma área úmida, tenha o máximo de cuidado.
- Quando usar a resistência elétrica (responsável pelo aquecimento d'água) certifique-se de que o sistema exterior da cuba esteja seco.

- Inspeção com frequência o cabo de alimentação em busca de danos ou rachaduras na cobertura do cabo. Substitua imediatamente o cabo de alimentação danificado. A fiação sem revestimento pode matar.

- Nunca ignore ou contorne os mecanismos de segurança.

- Antes de remover qualquer cobertura da central de controle ou do sistema, desconecte a entrada de energia elétrica. Aguarde por 5 minutos após desconectar a energia para permitir que os capacitores se descarreguem.



## A ELETRICIDADE ESTÁTICA PODE DANIFICAR AS PLACAS DE CIRCUITO

Tome as precauções necessárias ao manusear as placas de circuito impresso.

- Mantenha as placas de circuito impresso em recipientes anti-estáticos.
- Use uma pulseira anti-estática ao manusear as placas de circuito impresso.



## SEGURANÇA DE EQUIPAMENTOS DE GÁS COMPRIMIDO

- Nunca lubrifique válvulas ou o regulador de pressão com óleo ou graxa.
- Mantenha todo o equipamento de ar comprimido e as peças associadas em boas condições.



## O RUÍDO PODE PREJUDICAR A AUDIÇÃO

A exposição prolongada ao ruído resultante do processo pode prejudicar a audição.

- Use proteção aprovada para os ouvidos ao utilizar o sistema de plasma.
- Avise outras pessoas próximas sobre os perigos do ruído.



## **A.2 Descrição do sistema**

### **A.2.1 Geral**

O sistema desenvolvido foi elaborado para prover condições de avaliar o desempenho e qualidade de brocas de perfuração e destruição. Podendo também ser aplicado para a execução do processo de soldagem por fricção (FSW), o qual não é explicitado no presente manual.

### **A.2.2 Fresadora**

A fresadora (representada pela Figura A.1) pode trabalhar simultaneamente realizando a movimentação em três eixos (x, y e z) e a rotação do equipamento. A movimentação do eixo y é realizada pela bancada que desliza a “cuba” para a esquerda e direita. A movimentação do eixo x e z são realizadas pelo braço principal do equipamento, que realiza o movimento de subida, descida, para frente e para trás do dinamômetro em relação a cuba.

O braço da fresadora responsável pela movimentação y e z suporta, descrito em seu projeto original, uma carga máxima de 1000 kg. As movimentações dos eixos são realizadas por meio do quadro de controle dos motores (QCM) da fresadora e, em conjunto com, a central de controle e aquisição. A fresadora possui para cada eixo sistemas de fim de curso tanto mínimo e máximo de cada eixo.

A cuba, localizada na parte superior da bancada de movimentação y do equipamento, pode ser enchida com fluido e aquecida pelas resistências em seu interior. A execução desta etapa será descrita detalhadamente no tópico de operação.

Na parte inferior, interna a estrutura da fresadora se encontra o reservatório de fluídos. Este é o responsável por armazenar o fluido que pode ser utilizado para encher a cuba.

Acima da cuba, fixado ao braço principal de movimentação se encontra o dinamômetro. Este é responsável pela aquisição dos dados referentes a força e torque que são transmitidos para a central de controle e lógica que recebe estes dados e os interpreta.

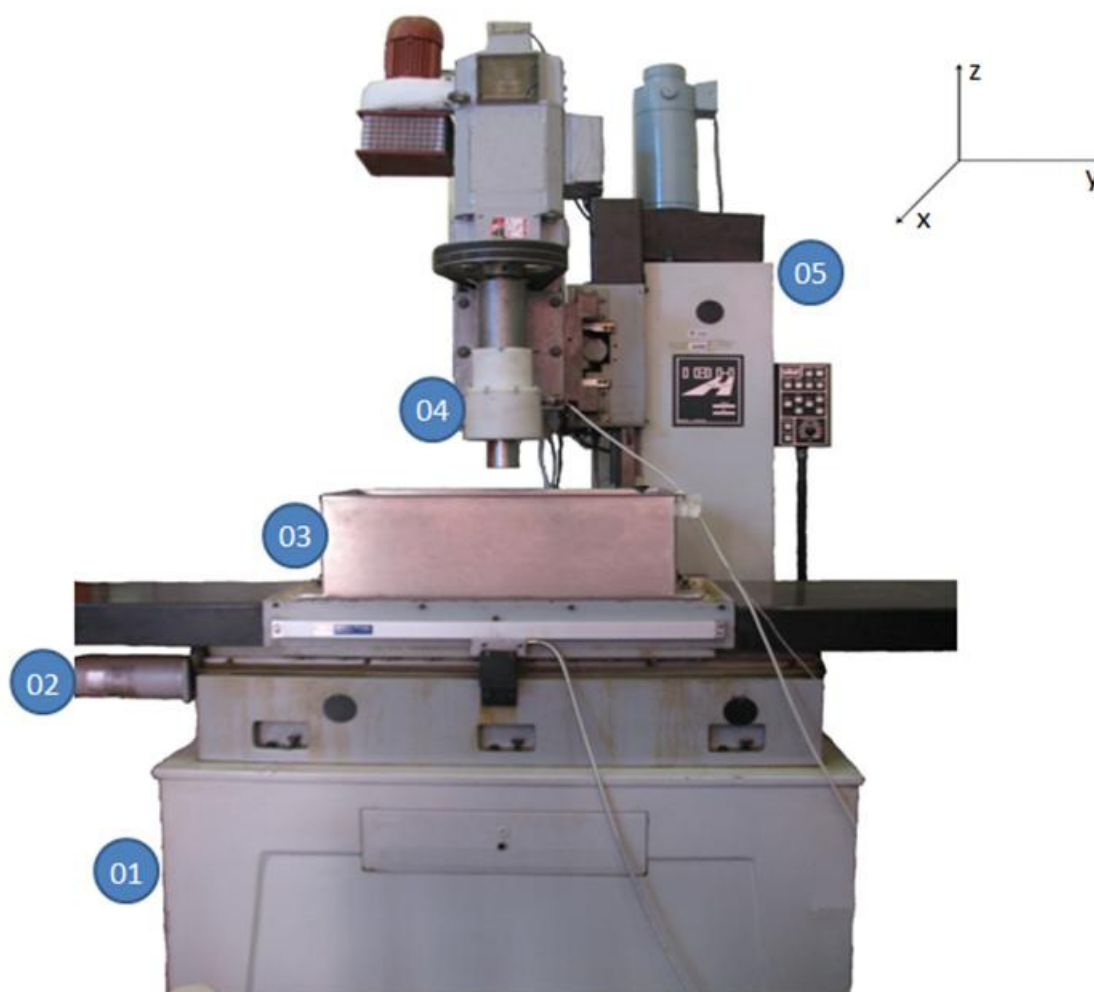


Figura A. 1 – Fresadora modificada: 01 – Parte inferior onde se localiza o reservatório de fluídos; 02 – Motor responsável pela movimentação do eixo y; 03 – Cuba; 04 – Dinamômetro; 05 – Braço principal responsável pela movimentação x e z.

#### A.2.2.1 Dinamômetro

O dinamômetro deve ser fixado na fresadora como mostrado na Figura X. Onde sua fixação depende de uma rosca interna e dois parafusos que impedem o giro contínuo do dinamômetro quando acionada a rotação do equipamento. Ao dinamômetro também deve ser conectado o cabo que liga a placa de aquisição, o qual permite a conexão para a transmissão dos dados de força e torque.

Sua sensibilidade de aquisição dos dados é da ordem de  $10^{-6}$  volts. Onde se apresenta altamente eficiente com uma rápida resposta da aquisição. O dinamômetro é projetado para suportar uma carga de 500 kg e a fresadora 1000 kg. Para evitar danos ao

equipamento é necessário, como qualquer outro equipamento, que um operador esteja presente na execução dos ensaios.

### A.2.2.2 Reservatório de fluido

Este reservatório contém uma capacidade de cerca de 90 litros. Este ficado situado na parte interna e inferior da fresadora. Seu acesso é dado por duas portas na parte de trás do equipamento. A entrada e saída do fluxo são controladas por três válvulas, que será explicada posteriormente. A Figura x mostra o reservatório.

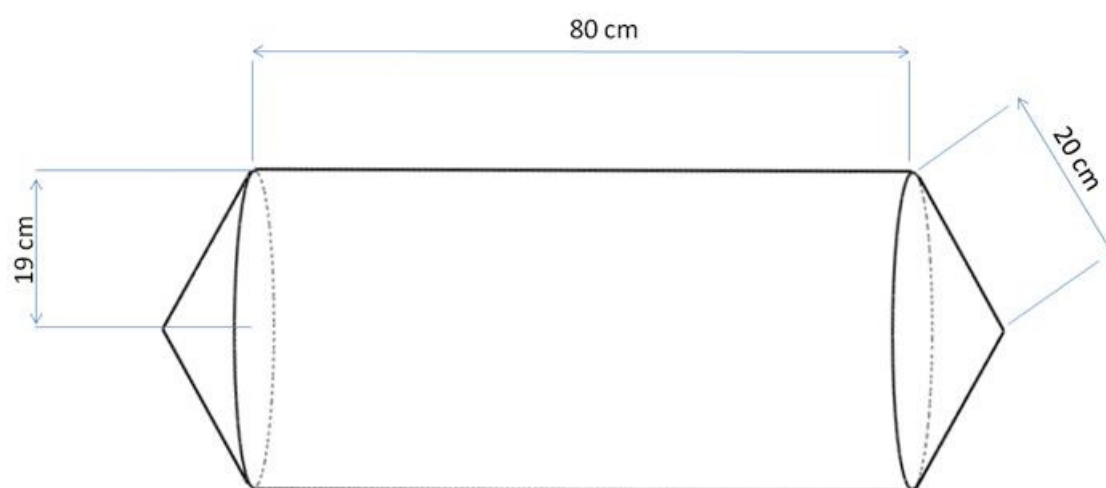


Figura A. 2 - Esquemático do reservatório de fluídos

### A.2.2.3 Resistência elétrica para aquecimento

A resistência localizada no interior da cuba serve para aquecer o fluido até a temperatura desejada. Seu acionamento é realizado pelo QCM da fresadora podendo ser manual ou automática. O modo manual é controlado pelo operador e no modo automático é selecionado dentro do programa, que realiza a leitura dos dados, mantém o mínimo e máximo da temperatura selecionada. O modo automático é controlado pela central de controle e aquisição. A leitura dos dados de temperatura é adquirida por um termopar que fica localizado no interior da cuba. A Figura x mostra a cuba com a resistência em seu interior.

### A.2.3 Quadro de controle dos motores (QCM) da fresadora

Este disponibiliza os meios necessários para acionar os motores responsáveis por cada eixo da fresadora, assim como o controle da resistência elétrica que tem como finalidade aquecer o fluido. O QCM possui um botão de parada de emergência, quatro botões de acionamento dos motores, sendo três responsáveis pelas movimentações dos eixos e um para o acionamento da rotação; um botão para o acionamento da bomba da fresadora; e um botão de acionamento da resistência que depende inicialmente da escolha do operador de ser manual ou automática (sendo neste caso necessária determinar a temperatura através do programa). Cada botão de acionamento possui um botão para desligar a chave correspondente. Possui dois mostradores analógicos da corrente e tensão que percorre no interior do equipamento. As chaves descritas podem ser visualizadas na Figura A.3.



Figura A. 3 - QCM da Fresadora: 01 – Chave de acionamento do QCM da fresadora; 02 – botão de parada de emergência; 03 – mostrador analógico de tensão; 04 – mostrador analógico de corrente; 05 – botões para acionar e desligar o motor responsável pela rotação; 06 – botões para acionar e desligar o motor responsável movimentação do eixo x; 07 – botões para acionar e desligar o motor responsável movimentação do eixo y; 08 – botões para acionar e desligar o motor responsável movimentação do eixo z; 09 – botões para acionar e desligar o motor responsável pela bomba; 10 – botões para acionar e desligar a resistência elétrica; 11 – chave de seleção do automático / desligado / manual da resistência elétrica; 12 – mostrador da chave respectiva desligada; 13 – mostrador da chave respectiva ligada.

#### A.2.4 Central de controle e aquisição

Esta central realiza a interface do sistema. Através de placas de aquisição e controle. Estas, através de interfaces gráficas, controlam a movimentação da mesa, controla a rotação, temperatura e recebe e trata os dados.

A central é constituída por:

- um computador que realiza a interface gráfica dos dados e inicializa a placa de aquisição para seu uso;
- uma placa de aquisição dos dados para a recepção dos dados procedentes do dinamômetro (força e torque), do termopar, da leitura da rotação;
- uma placa de controle que realiza a conexão com o QCM da fresadora controlando a movimentação da fresadora, rotação e controle de temperatura.

A Figura A.4 mostra a central de controle de aquisição.



Figura A. 4 - Central de controle e aquisição: 01 – Botão de parada de emergência; 02 – botão de acionamento da central; 03 – tela de visualização da interface gráfica.~

## A.3 Operação

O objetivo deste guia é apenas o de fornecer as informações básicas e essenciais para a operação do equipamento de simulação e análise de desempenho de brocas de perfuração e destruição instalado no Laprosolda/UFU. Portanto, as informações aqui presentes devem ser utilizadas apenas como um suporte para o usuário, o que não substitui sua experiência prévia.

A ordem de apresentação dos itens deste anexo segue a uma sequência lógica para a execução de um ensaio, o que não proíbe, para algumas etapas, que o usuário a faça em outra ordem, desde que tenha consciência da ação.

### A.3.1 Iniciando o sistema

Após ligar o computador e ter acesso ao sistema operacional, executar o programa Measurement & Automation. Neste programa será iniciada a placa de aquisição. Para isto, ao abrir o programa, seguir o caminho My System / Devices and Interfaces / NI Motion Devices / PCI-7340 (2) e clicar em Initialize. O caminho e o local de acionamento da placa são mostrados na Figura A.5.

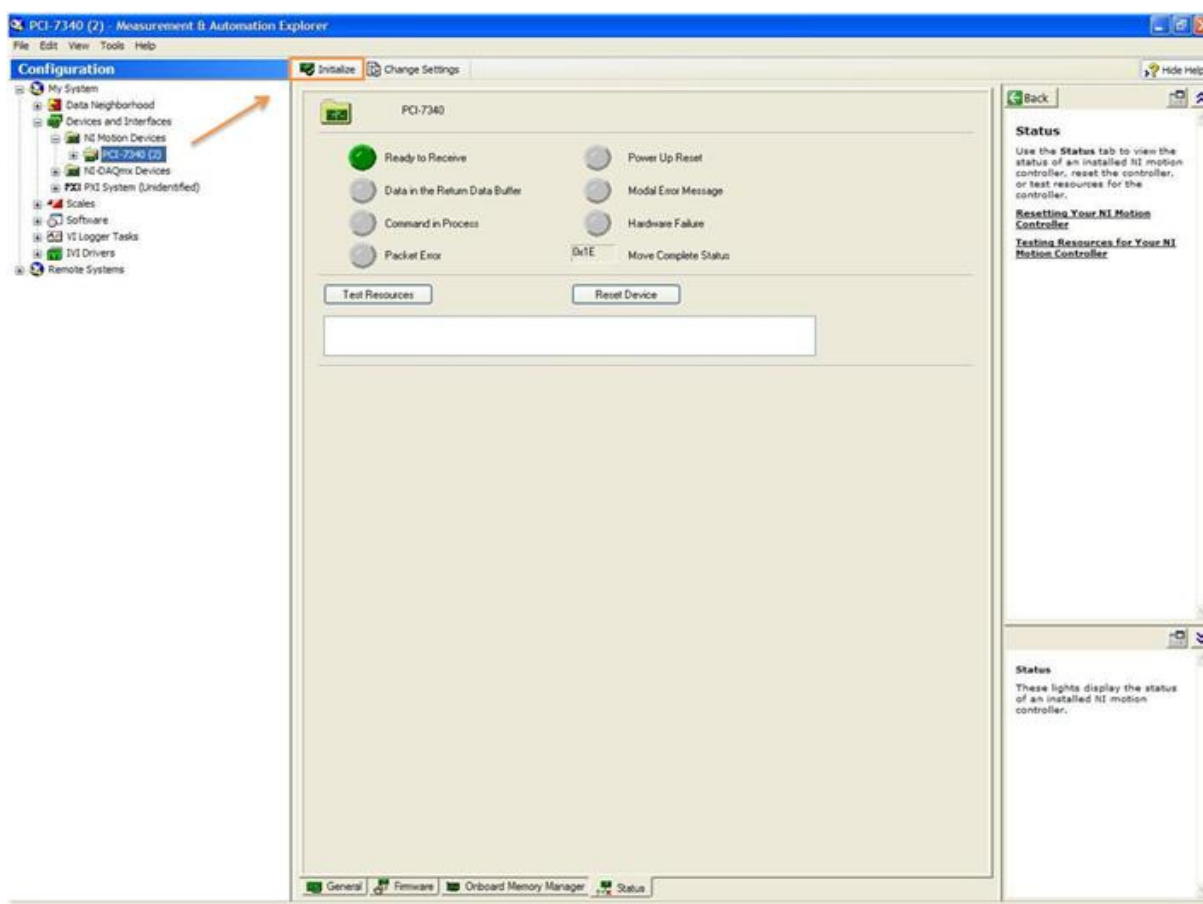


Figura A. 5 – Iniciando o sistema pelo Measurement & Automation.

Com a placa de aquisição pronta para uso, o programa de execução “fresadora\_teste” deve ser executado. Sendo aberta a janela do programa mostrado pela Figura A.6. Executar o programa pressionando o botão de execução destacado. Esta imagem foi alterada para que possa ser visualizada toda a extensão do programa, uma vez que o mesmo não permite mudança de zoom da tela.

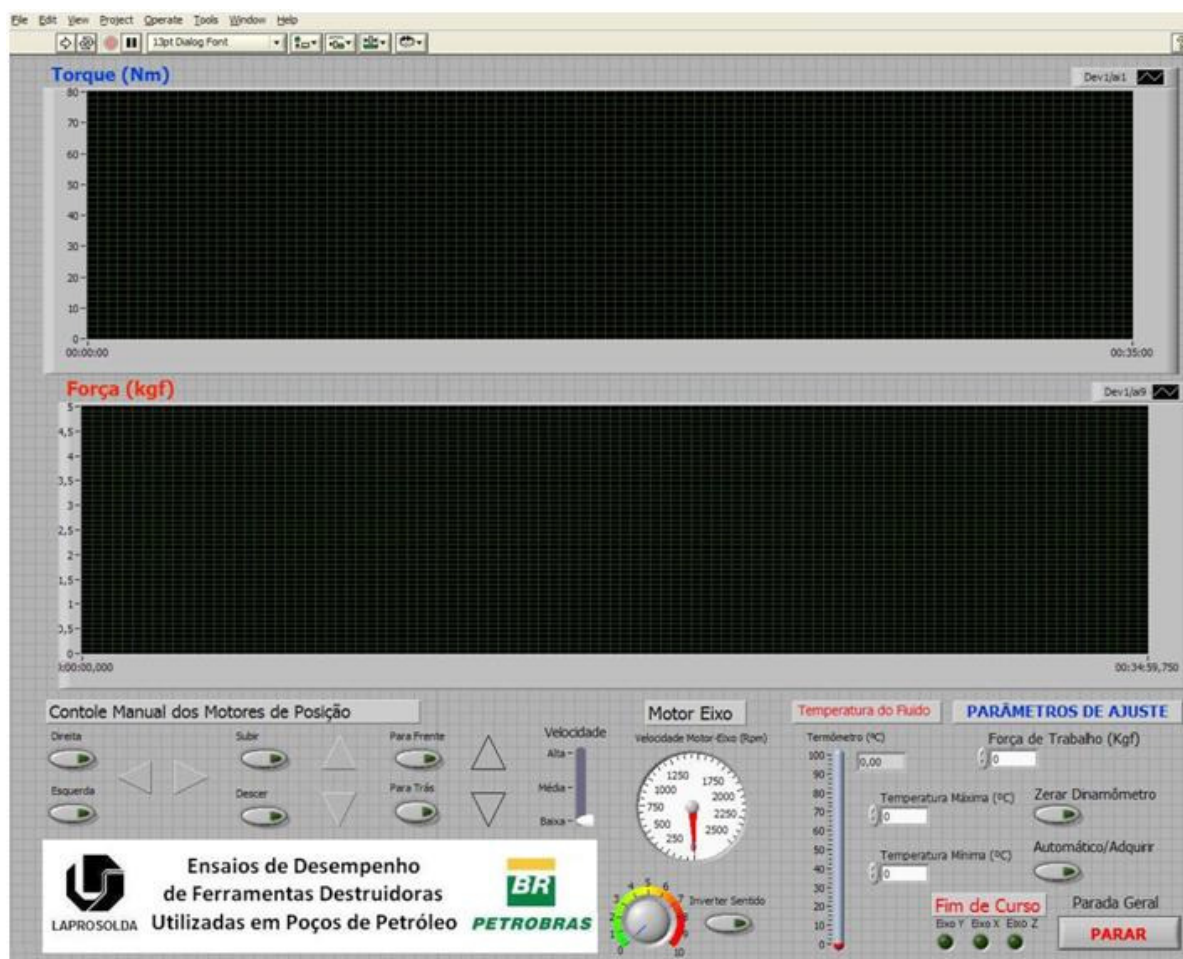


Figura A. 6 – Programa de controle da fresadora.

### A.3.2 Fixando a placa de teste

Dentro da cuba há um sistema de fixação por intermédio de oito parafusos. A dimensão projetada para esta etapa é de 10 x 21,5 cm. É aconselhável que a placa de teste tenha um mínimo de 2,5 cm de altura para que os parafusos possam fixar a peça de modo mais eficaz. O mínimo de largura de fixação (sem outro método de apoio) da peça é 6,5 cm, isto por considerar o comprimento dos parafusos. Estes utilizam uma chave fixa 15 para seu manuseio.

### A.3.3 Fixando o dinamômetro

Antes de fixar o dinamômetro ao equipamento é necessário que a proteção do mesmo esteja fixada. Esta proteção é mostrada na Figura A.7. A fixação desta proteção é proporcionada por parafusos.



Figura A. 7 – Programa de controle da fresadora.

Posta a proteção o dinamômetro pode ser fixado ao equipamento. Sua fixação é realizada inicialmente por um que passa por dentro do braço superior. Ao passar o parafuso rosquear ao dinamômetro. Por fim, com a utilização de duas porcas na parte superior, tendo atenção ao encaixe do dinamômetro no braço principal, uma vez que possui um encaixe certo para os dois parafusos que devem ser posicionados de forma correta. Tais dispositivos são mostrados na Figura A.8.

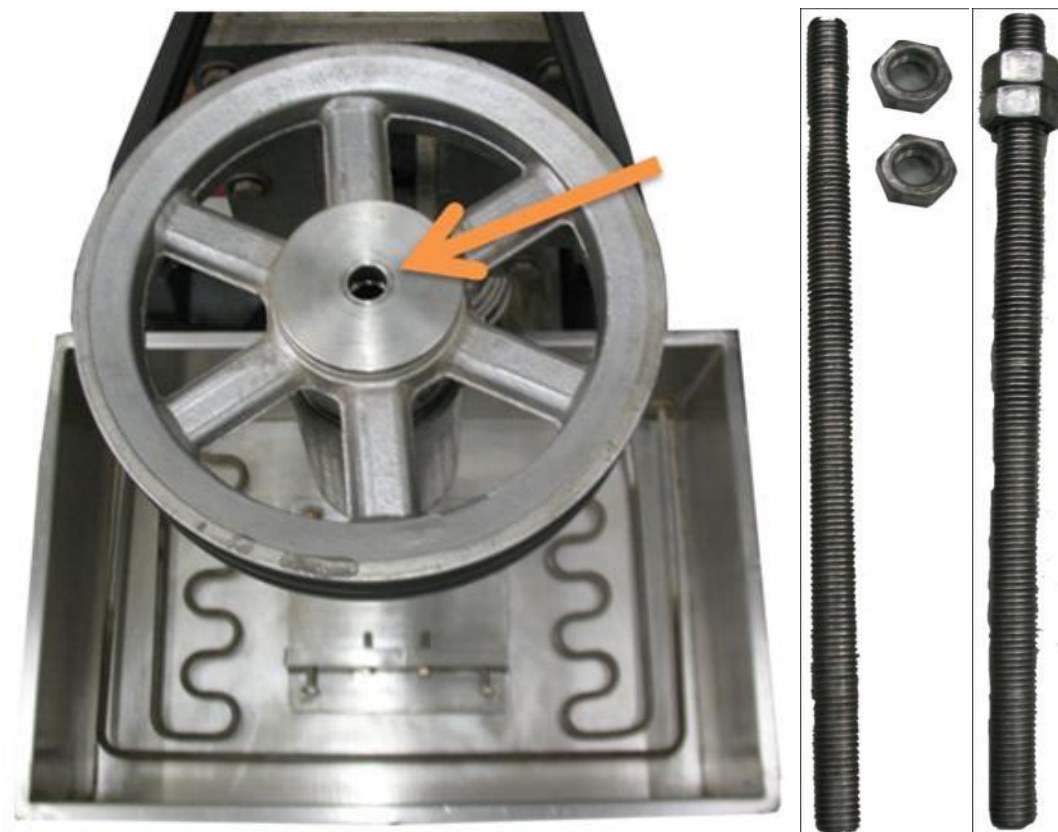


Figura A. 8 – Dispositivos de fixação do dinamômetro.

#### A.3.4 Enchimento da cuba

Para esta etapa é necessária a atenção do operador na sequência da ligação das válvulas. Isto porque, o enchimento da cuba se dá com o a injeção de ar comprimido no reservatório. Caso a válvula de liberação da saída de ar e da saída do fluído estejam fechadas e a válvula de injeção de ar comprimido aberta isto pode acarretar em danos ao sistema ou até mesmo o rompimento do reservatório.

Para o enchimento da cuba, seguir os seguintes passos:

- Primeiro abrir as válvulas de saída de ar e de fluído.
- Abrir as válvulas de saída de ar e fluído.
- Abrir a válvula de injeção de ar comprimido.
- Fechar a válvula de saída de ar.
- Encher a válvula até a altura dentro da cuba desejada.
- Abrir a válvula de saída de ar.
- Fechar a válvula de entrada de fluxo.
- Fechar a válvula de injeção de ar.

Ao fim dos ensaios para o esvaziamento da cuba apenas abrir a válvula de entrada de fluxo.

### A.3.5 Ligando o QCM da fresadora

Para ligar o QCM é necessário acionar a chave geral do sistema que se encontra no lado oposto do laboratório de onde está o equipamento. Por fim acionar a chave da QCM da fresadora.

### A.3.6 Selecionando a temperatura

Como dito anteriormente é possível escolher entre regular a temperatura manualmente ou no modo automático. Para o modo manual selecionar a chave MANUAL na QCM da fresadora (Figura A.9) e ligar o dispositivo.

Para o modo automático selecionar dentro do programa (Figura A.10) qual a faixa de temperatura desejada e selecionar a chave AUTOMÁTICO na QCM da fresadora (Figura A.9). Desta forma o dispositivo irá acionar toda vez que a temperatura estiver abaixo da temperatura desejada e desligar automaticamente quando alcançar a temperatura máxima.



Figura A. 9 – Programa de controle da fresadora.

O operador deve estar atento para o termopar do sistema. Este deve estar em contato com o fluxo dentro da cuba. Caso contrário este não registrará a temperatura do fluxo e mesmo ultrapassando a temperatura desejada não irá desligar a resistência, proporcionando assim mais calor ao fluxo do que o desejado. Estar atento também para desligar a resistência antes de esvaziar a cuba.

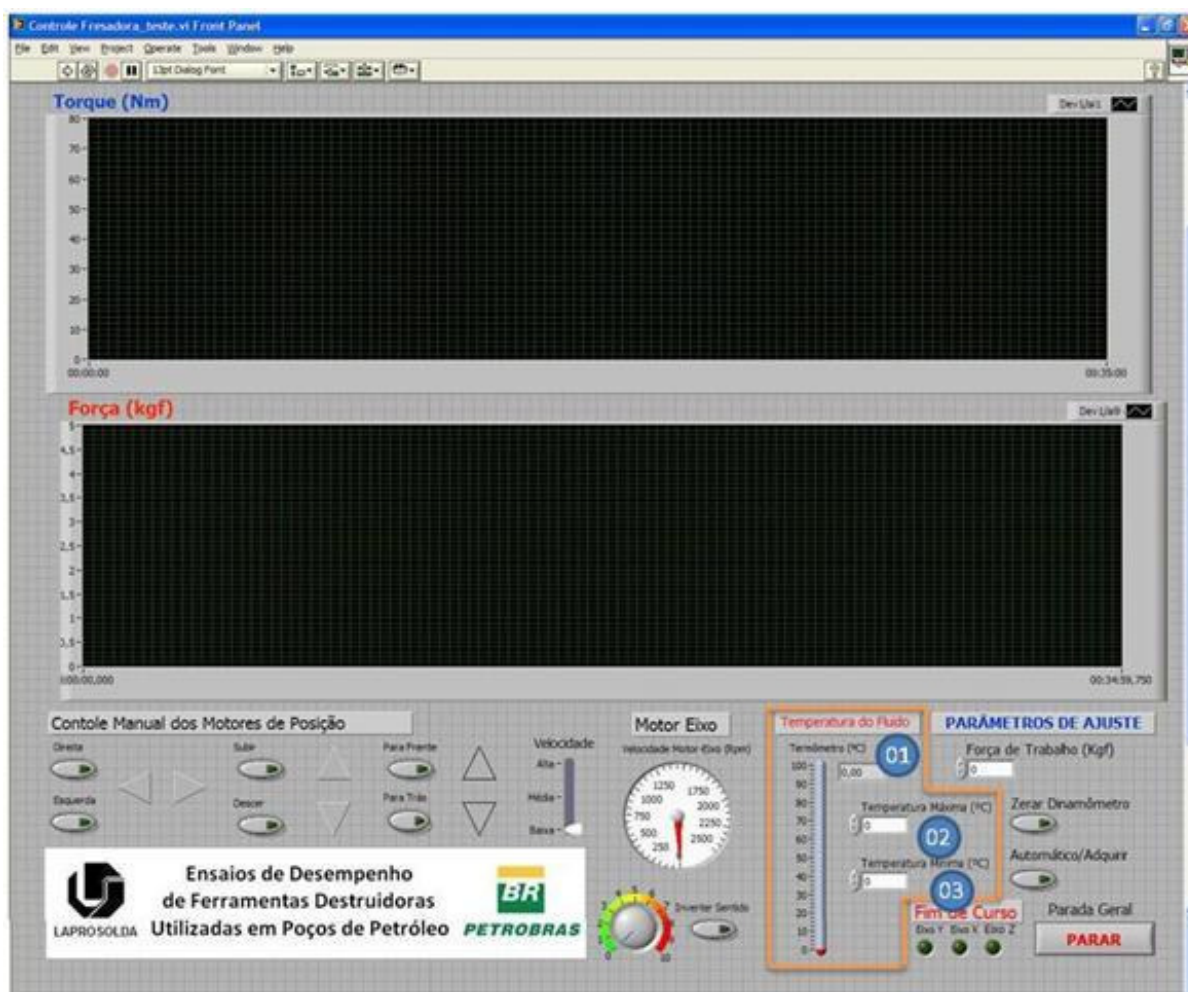


Figura A. 10 – Programa de controle da fresadora mostrando a opção para controle de temperatura.

### A.3.7 Selecionando a rotação

Com a QCM da fresadora ligada e o programa estando em modo operacional, ligue o motor respectivo a esta função como mostrado na Figura A.11. Feito isso selecione a velocidade desejada que pode ser de 0 a 10 no programa. A Tabela A.1 mostra os valores respectivos de cada velocidade.

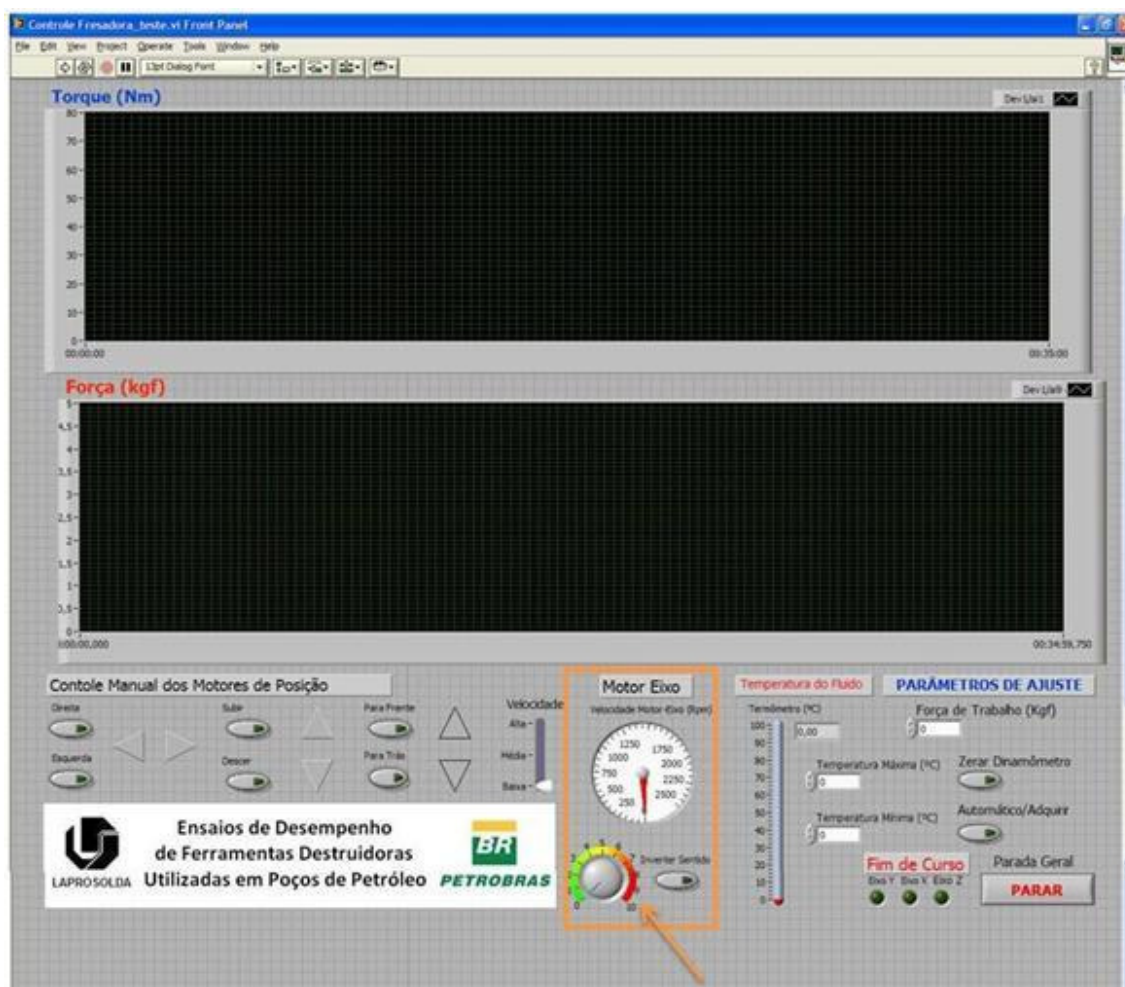


Figura A. 11 – Programa de controle da fresadora mostrando a opção para controle de rotação.

Tabela A.1 – Calibração entre valores ajustados no programa (Figura A.11) e rotação real.

| Valor ajustado do programa | Rotação real (rpm) |
|----------------------------|--------------------|
| 0                          | 0                  |
| 1                          | 75                 |
| 2                          | 150                |
| 3                          | 228                |
| 4                          | 300                |
| 5                          | 375                |
| 6                          | 460                |
| 7                          | 530                |
| 8                          | 615                |
| 9                          | 688                |
| 10                         | 765                |

### **A.3.8 Movimentando os eixos**

Para executar movimentos é necessário ligar os motores respectivos de movimentação, como mostrados anteriormente na Figura A.11. Estando os motores ligados basta selecionar no programa a velocidade de movimentação como destacado e mostrado na Figura x. Com isso movimentar de acordo com o desejado. É aconselhável executar a movimentação de um motor por vez para o posicionamento, uma vez que caso a central de controle e aquisição seja desligada ou o programa interrompido a movimentação é executada de forma aleatória pelo equipamento. Isto pode ocasionar danos ou, em casos menos prováveis, acidentes.

### **A.3.9 Zerando o sinal do dinamômetro**

Esta etapa é opcional, apenas sendo aconselhável sua execução. O sinal que é inicialmente fornecido pelo programa para o operador pode ter o sinal inicial não iniciando em zero mesmo estando sem carga, devido a alguma alteração do offset que pode ocorrer. E o sinal de compressão inicialmente é negativo. Assim ao ser aplicada carga o sinal ao invés de registrar o aumento demonstra um decréscimo do valor. Para realizar isto apenas se faz necessário acionar o botão “Zerar Dinamômetro” no programa, mostrado na Figura x.

### **A.3.10 Desligando o equipamento**

Ao final do ensaio deve-se desligar primeiro a QCM da fresadora e, após isso, interromper o programa.

## **A.4 Manutenção**

Após o final dos ensaios, cabe ao operador realizar a limpeza e manutenção do equipamento. Para isto recomenda-se:

#### - A cada mês de uso:

- \* Verificar a integridade dos cabos e conexões. Caso aja algum rompimento ou obstrução dos mesmos, desligar a fonte de alimentação de energia na chave geral do sistema e substituir.
- \* Realizar backups dos programas utilizados, caso seja feita alguma alteração.

- A cada semana de uso:

\* Caso os ensaios consistam de desgaste de aço e o fluxo utilizado seja água, remover a água dentro do reservatório e substituir. Caso seja outro tipo de fluxo utilizado, considerar a disponibilidade do mesmo e seu custo para uma nova troca.

- A cada sequência de testes:

\* Limpar e remover todos os objetos estranhos no interior da cuba. Ao realizar ensaios com aço remover todo o material remanescente de dentro da cuba.

Caso a limpeza da cuba não seja realizada ao final dos ensaios com desgaste de aço pode ocorrer o acúmulo de óxidos. Estes corroem e comprometem a integridade do recipiente ao longo do tempo. Caso aja formação de óxidos e de difícil remoção (normalmente devido a resistência que prejudica a ação da limpeza), sugere-se seguir os seguintes passos:

- 1- Liberar as porcas laterais da cuba;
- 2- Retirar o cabeamento das resistências;
- 3- Remover a cuba;
- 4- Remover as resistências;
- 5- Remover o suporte de fixação da placa de teste;
- 6- Limpar a cuba utilizando produtos adequados ou remover os óxidos com uma lixa de granulometria fina;
- 7- Remontar o sistema.

Nota: o cabeamento da resistência não deve ser alterado devendo corresponder com a sequência mostrada na Figura A.12.

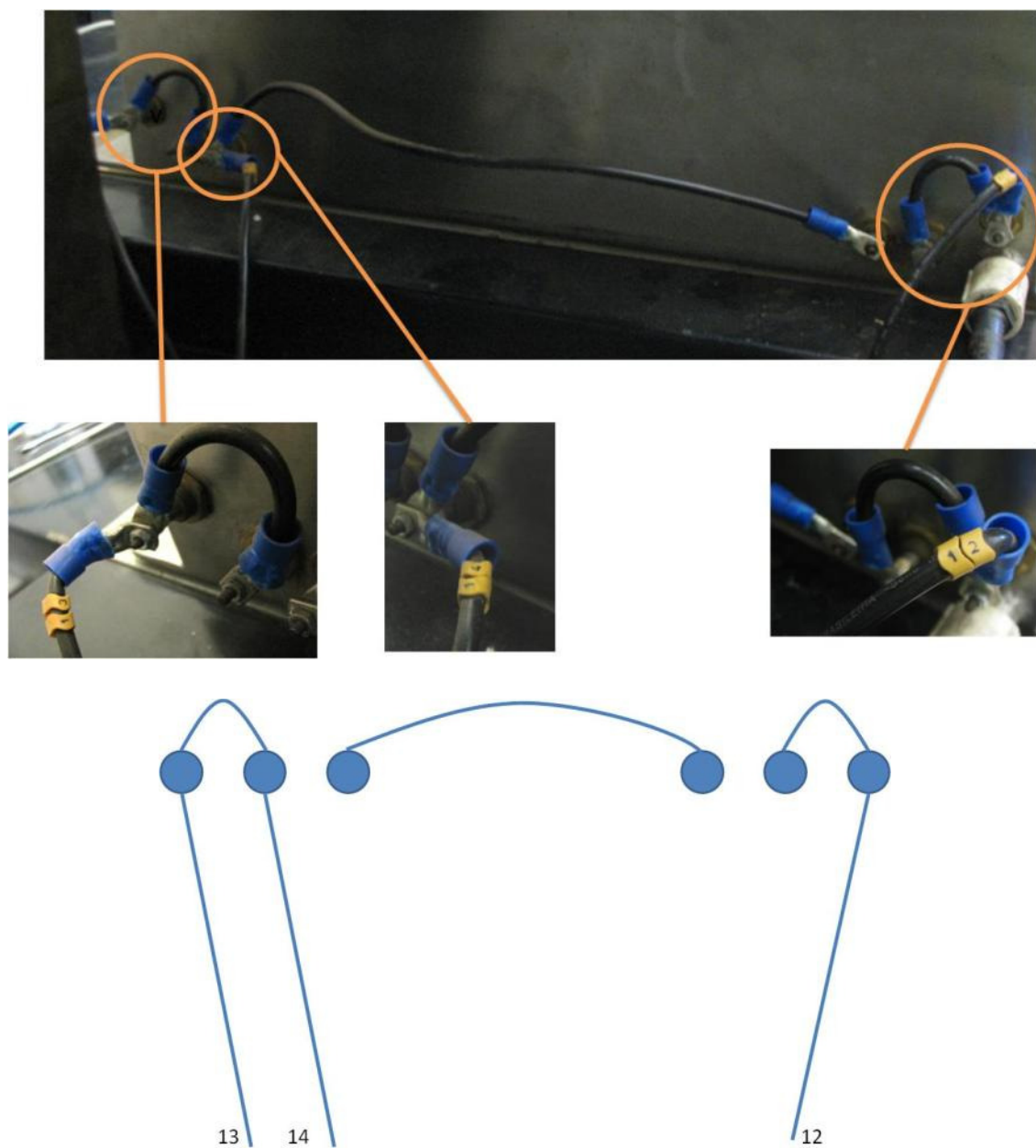


Figura A. 12 – Cabeamento das resistências para aquecimento do fluido.

## **ANEXO B**

RESULTADOS DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA  
ENSAIO DE PRODUÇÃO DE CADA AMOSTRA ANALISADA

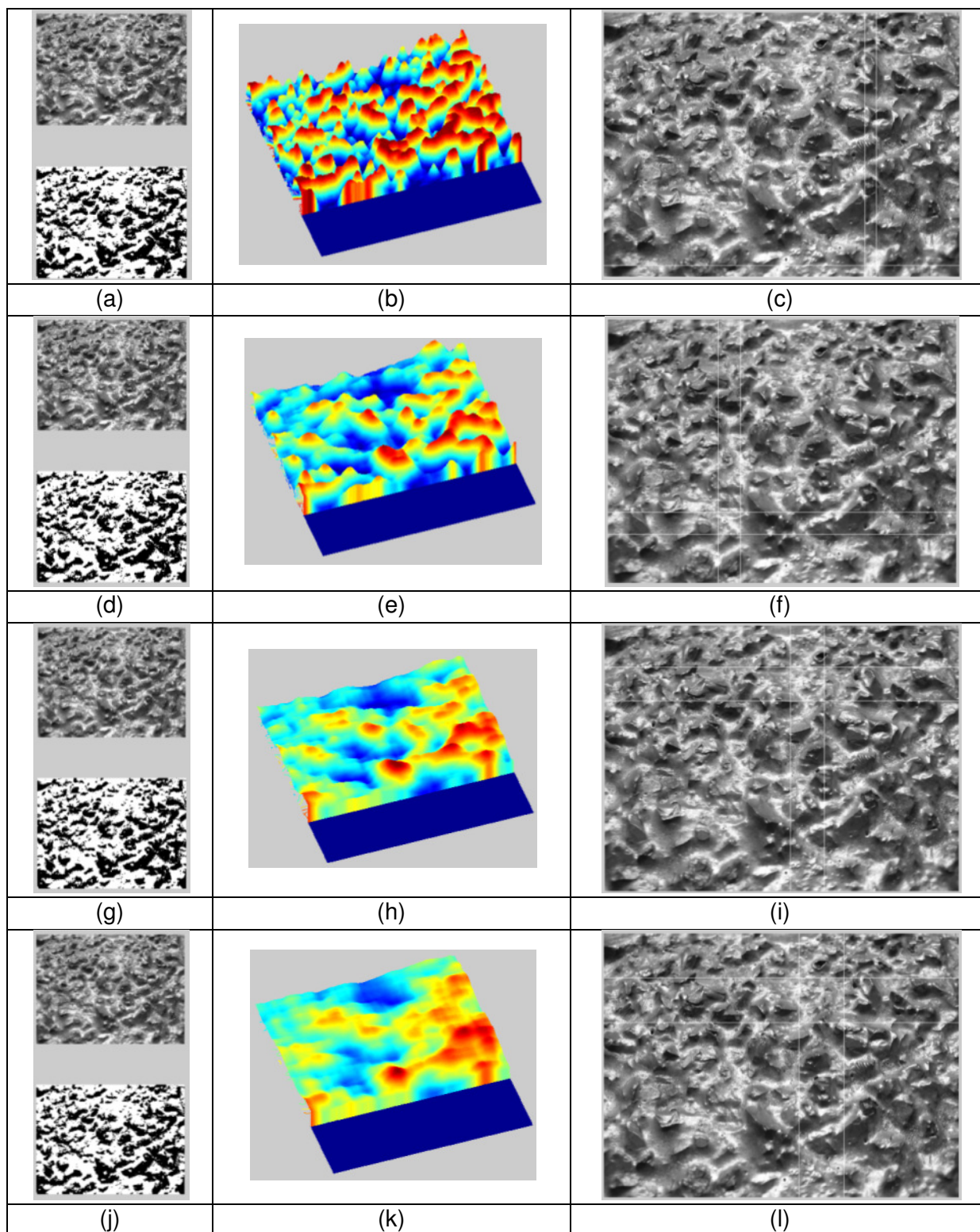


Figura B. 1 - Resultados do processamento de imagem para a primeira amostra de granulometria fina com resolução de 800 x 600 sendo (a), (d), (g) e (j) a área selecionada com o resultado binário; (b), (e), (h) e (k) porcentagem do WC-Co; (c), (f), (i) e (l) o resultado da análise, representadas, respectivamente pelos valores 25, 50 75 e 100 de *Matriz Scan*

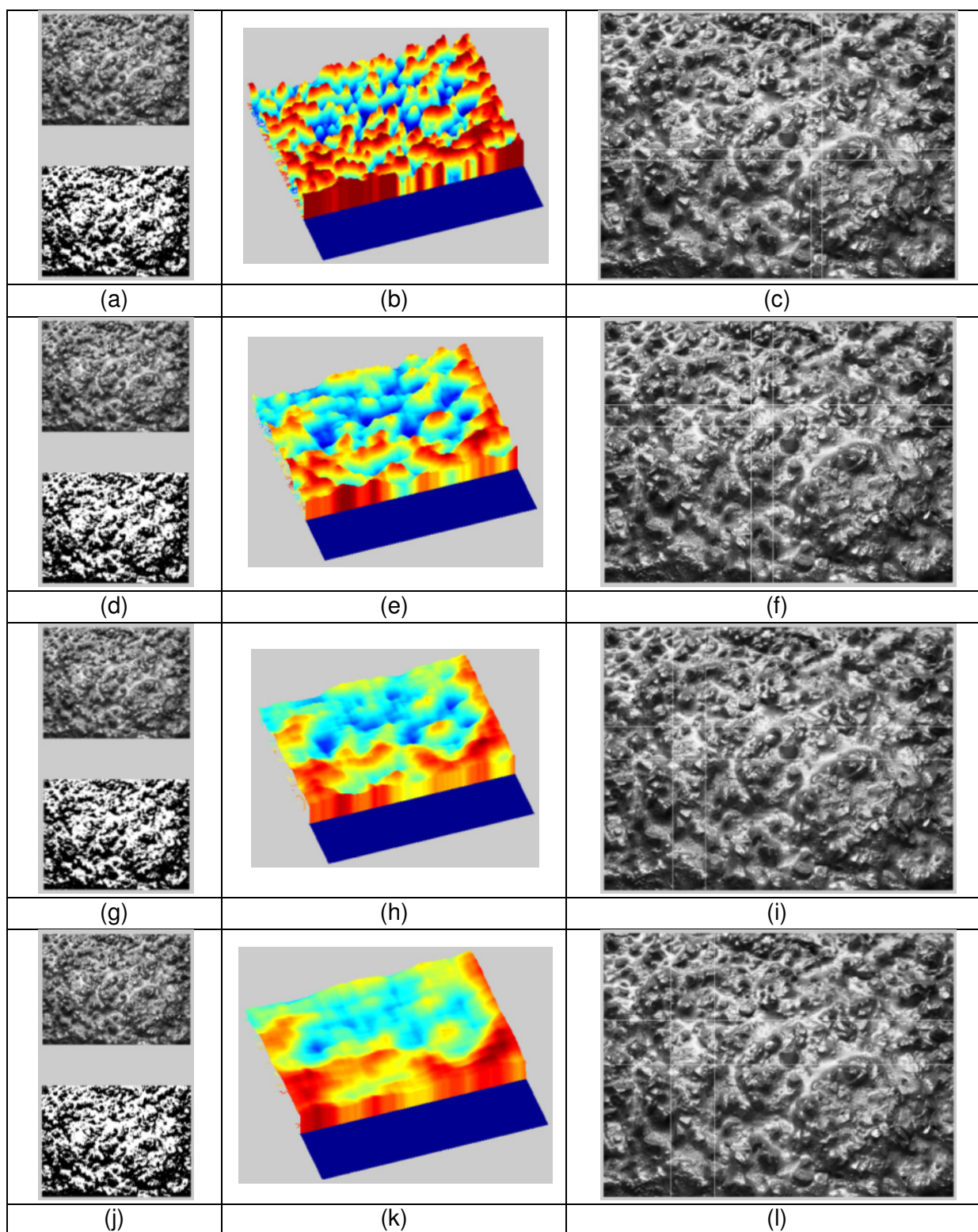


Figura B. 2- Resultados do processamento de imagem para a segunda amostra de granulometria fina com resolução de 800 x 600 sendo (a), (d), (g) e (j) a área selecionada com o resultado binário; (b), (e), (h) e (k) porcentagem do WC-Co; (c), (f), (i) e (l) o resultado da análise, representadas, respectivamente pelos valores 25, 50 75 e 100 de *Matriz Scan*

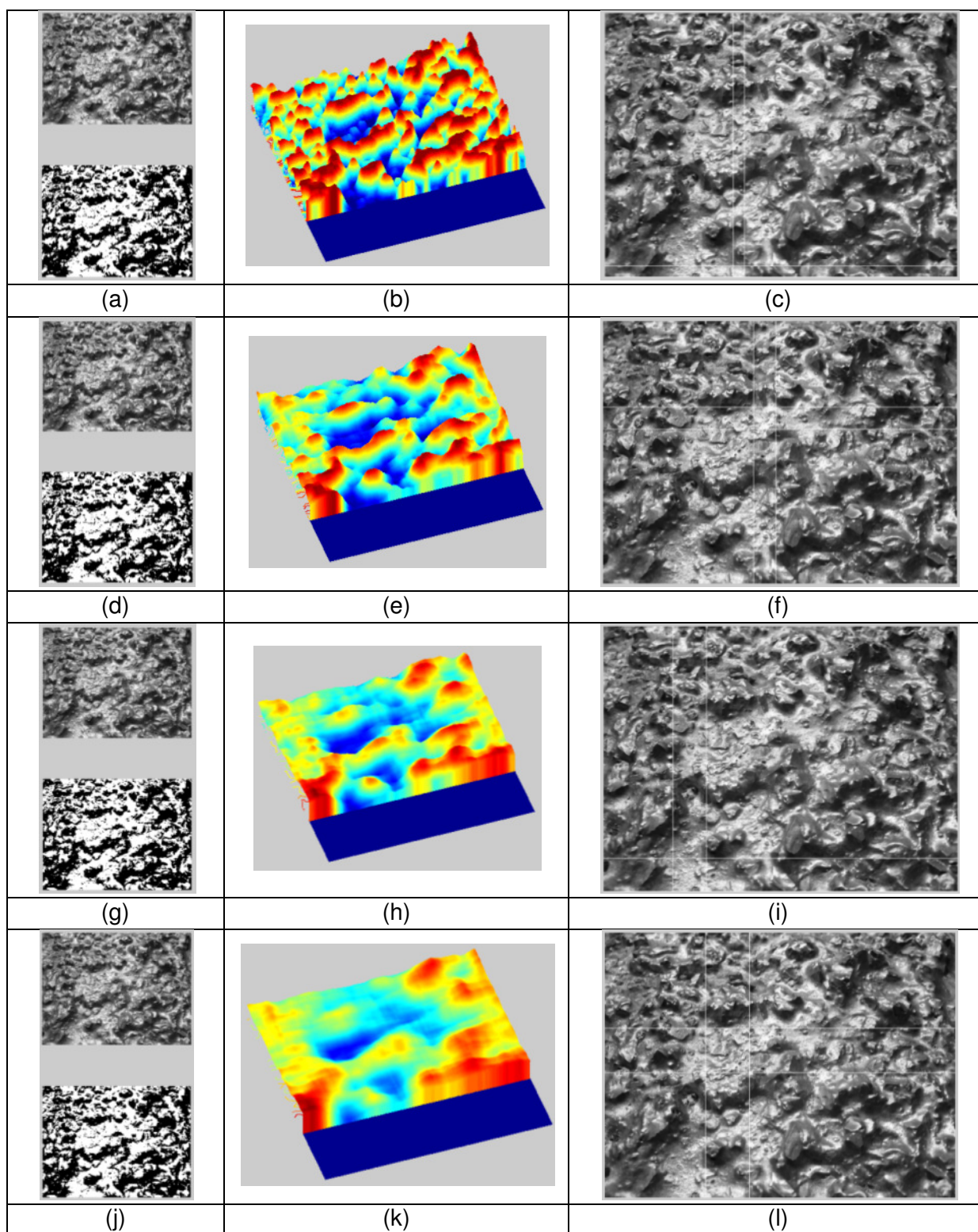


Figura B. 3- Resultados do processamento de imagem para a terceira amostra de granulometria fina com resolução de 800 x 600 sendo (a), (d), (g) e (j) a área selecionada com o resultado binário; (b), (e), (h) e (k) porcentagem do WC-Co; (c), (f), (i) e (l) o resultado da análise, representadas, respectivamente pelos valores 25, 50 75 e 100 de *Matriz Scan*

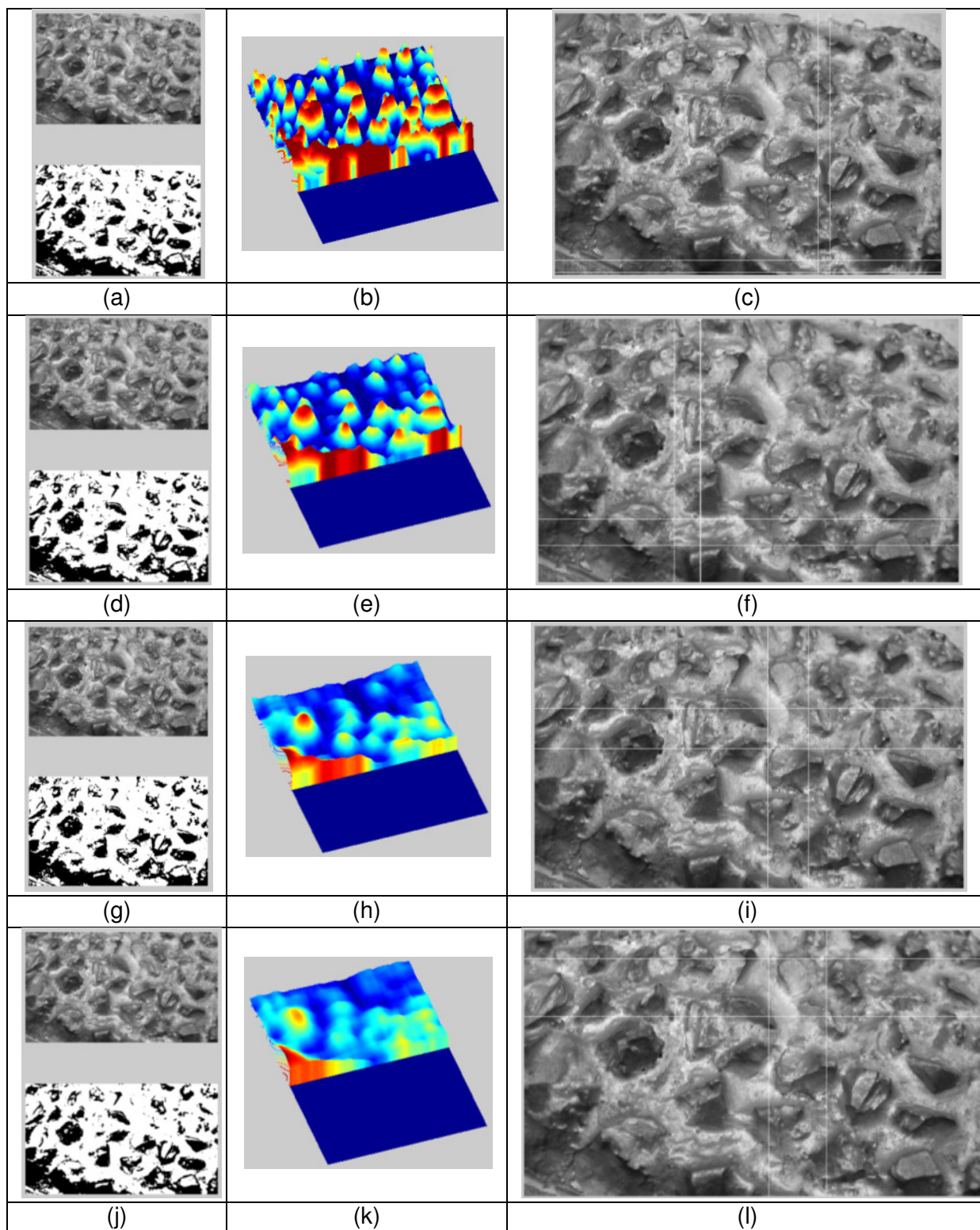


Figura B. 4- Resultados do processamento de imagem para a primeira amostra de granulometria grossa com resolução de 800 x 600 sendo (a), (d), (g) e (j) a área selecionada com o resultado binário; (b), (e), (h) e (k) porcentagem do WC-Co; (c), (f), (i) e (l) o resultado da análise, representadas, respectivamente pelos valores 25, 50 75 e 100 de *Matriz Scan*

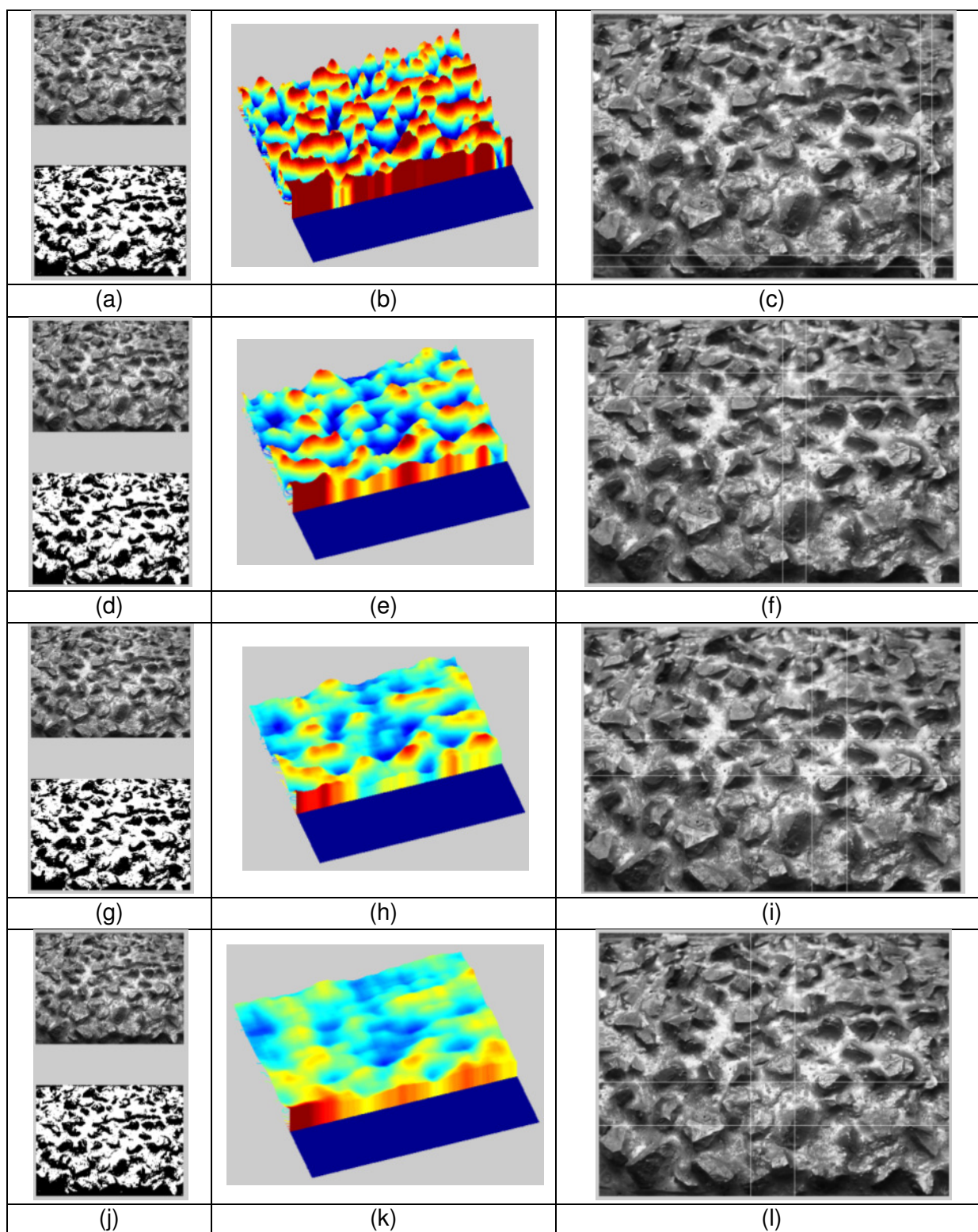


Figura B. 5- Resultados do processamento de imagem para a segunda amostra de granulometria grossa com resolução de 800 x 600 sendo (a), (d), (g) e (j) a área selecionada com o resultado binário; (b), (e), (h) e (k) porcentagem do WC-Co; (c), (f), (i) e (l) o resultado da análise, representadas, respectivamente pelos valores 25, 50 75 e 100 de *Matriz Scan*

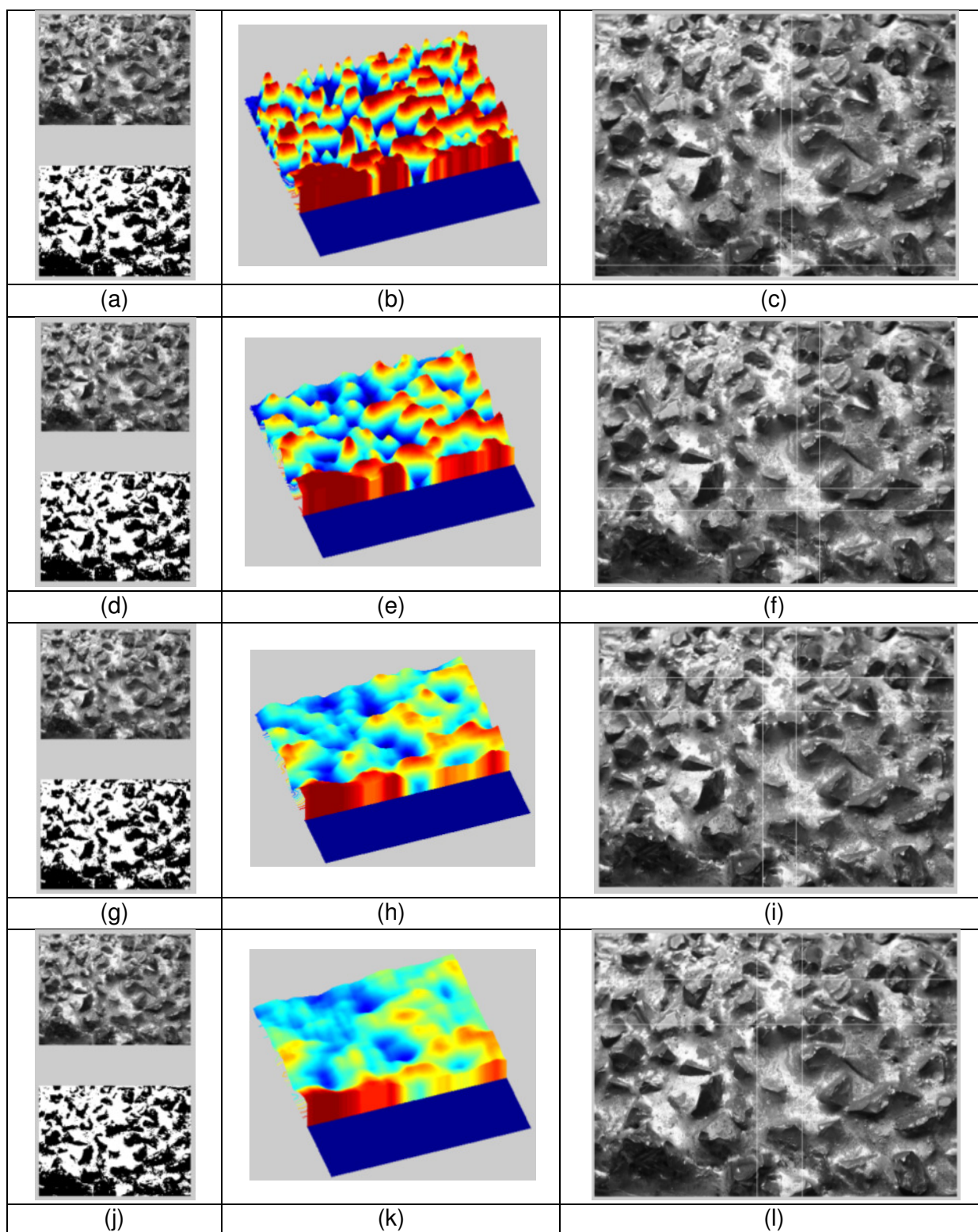


Figura B. 6- Resultados do processamento de imagem para a segunda amostra de granulometria grossa com resolução de 800 x 600 sendo (a), (d), (g) e (j) a área selecionada com o resultado binário; (b), (e), (h) e (k) porcentagem do WC-Co; (c), (f), (i) e (l) o resultado da análise, representadas, respectivamente pelos valores 25, 50 75 e 100 de *Matriz Scan*

## **ANEXO C**

VARIAÇÃO DA CARGA APLICADA AO LONGO DO TEMPO  
DURANTE ENSAIO SIMULATIVO PARA CADA AMOSTRA  
ESTUDADA

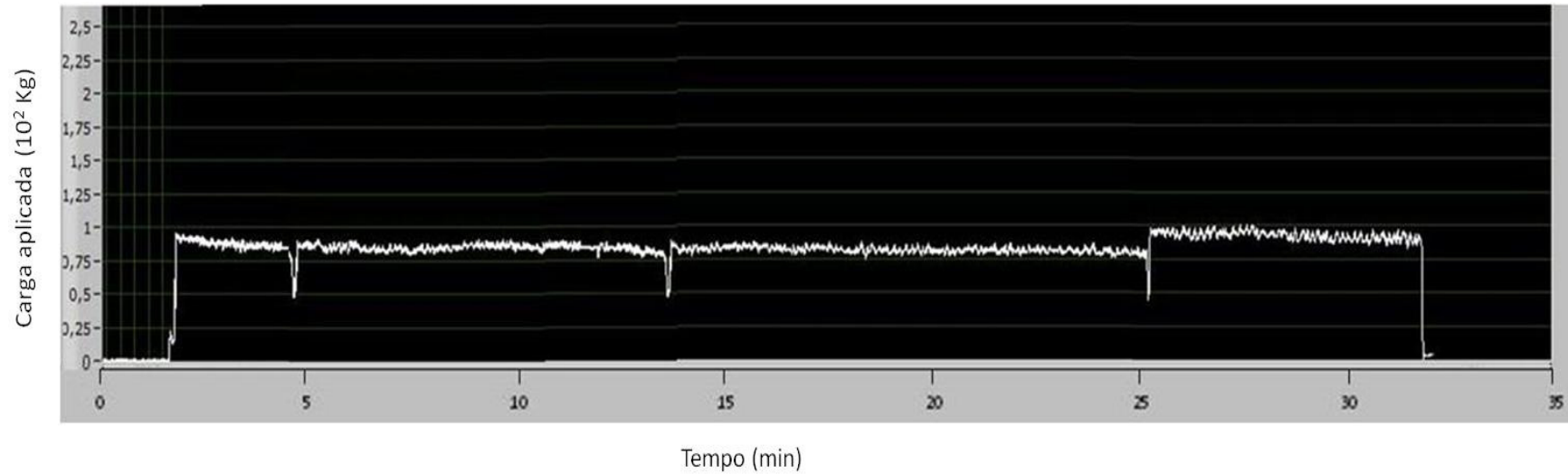


Figura C. 1 – Força registrada para o primeiro teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

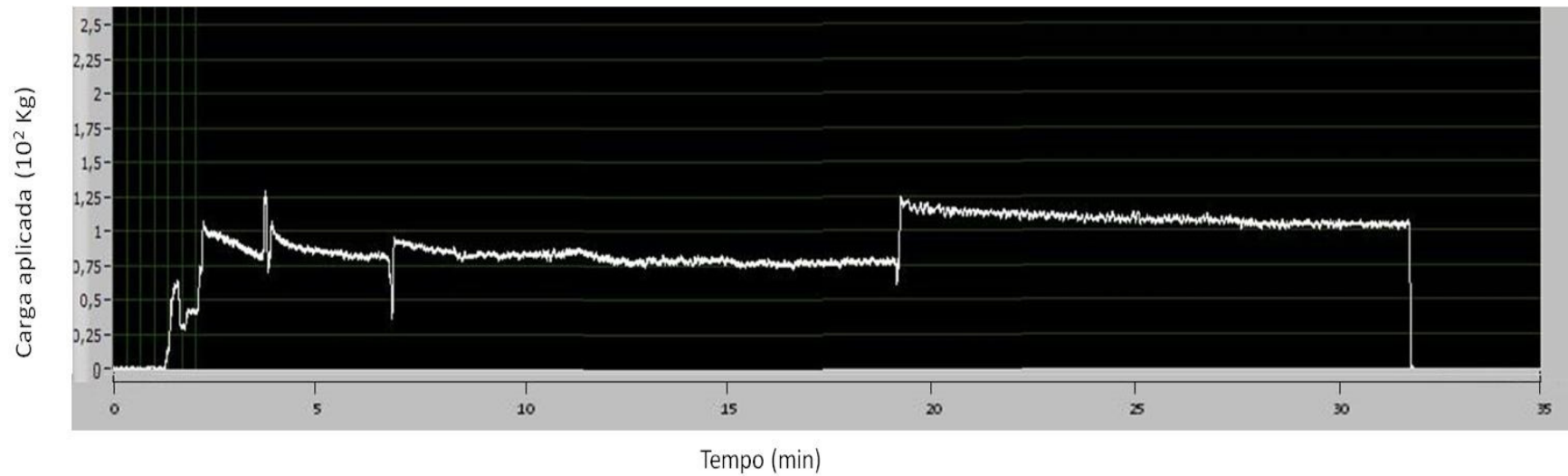


Figura C. 2 – Força registrada para o segundo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

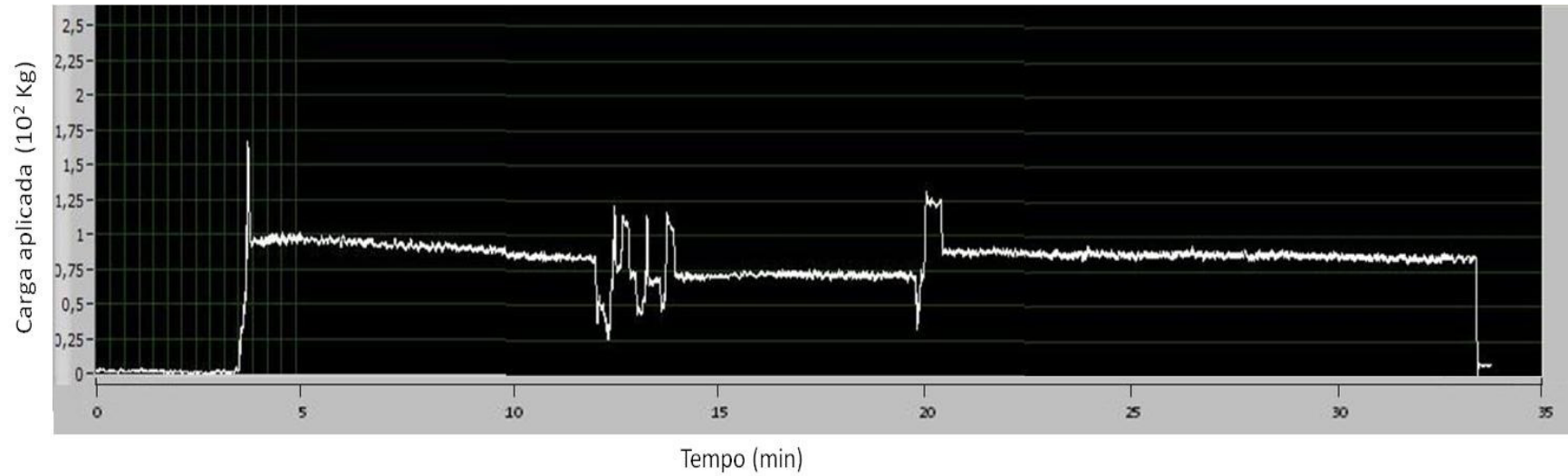


Figura C. 3 – Força registrada para o terceiro teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

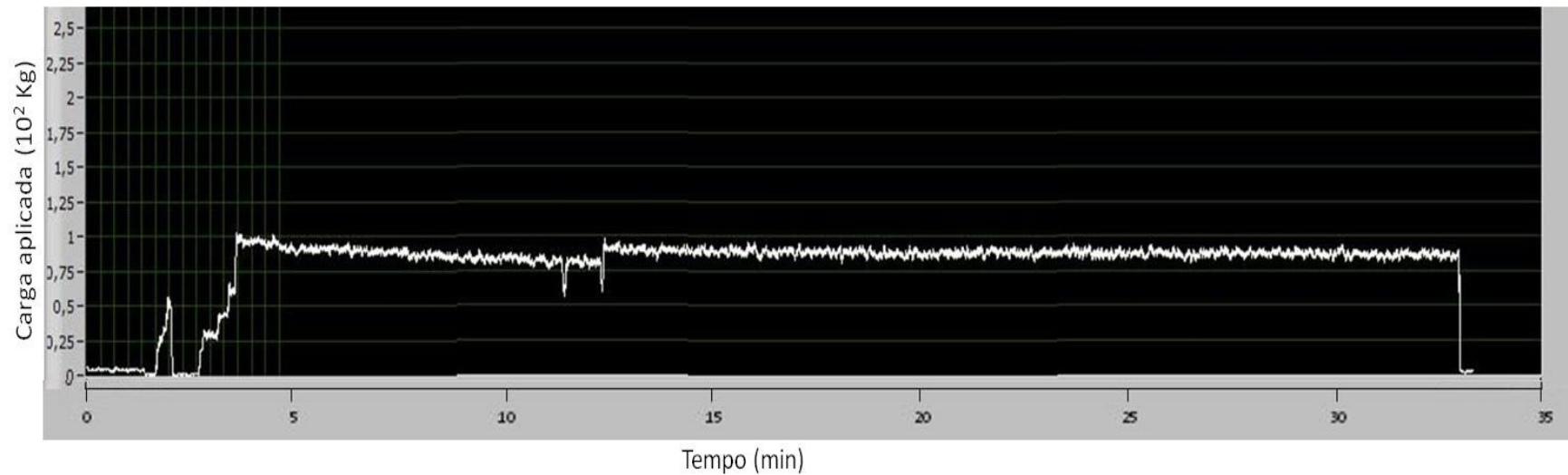


Figura C. 4 – Força registrada para o quarto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

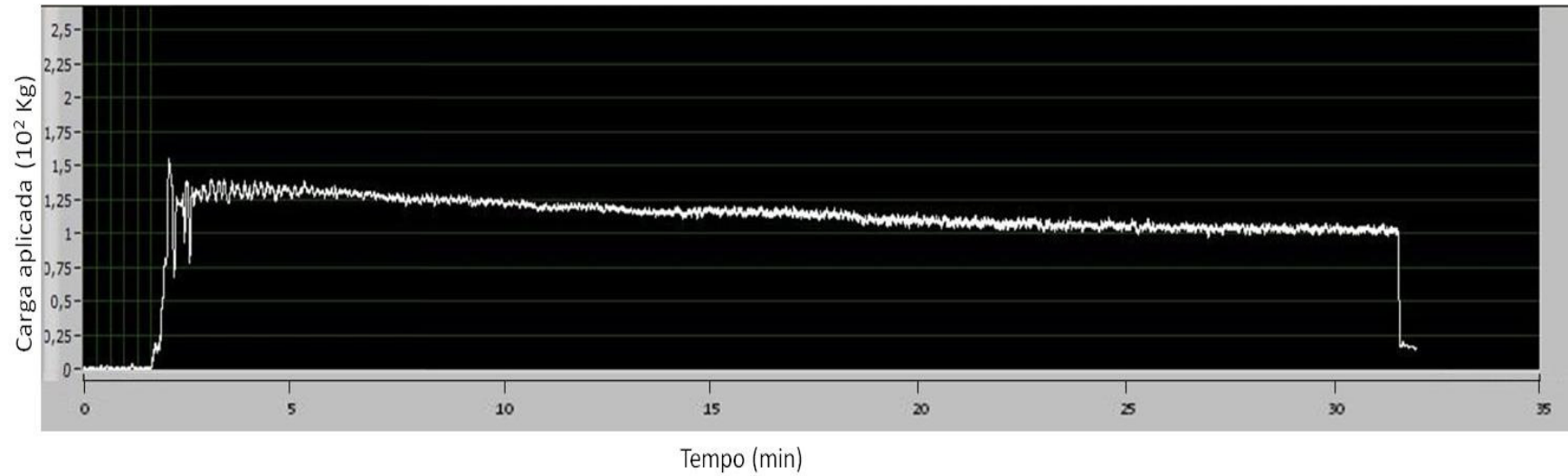


Figura C. 5 – Força registrada para o quinto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

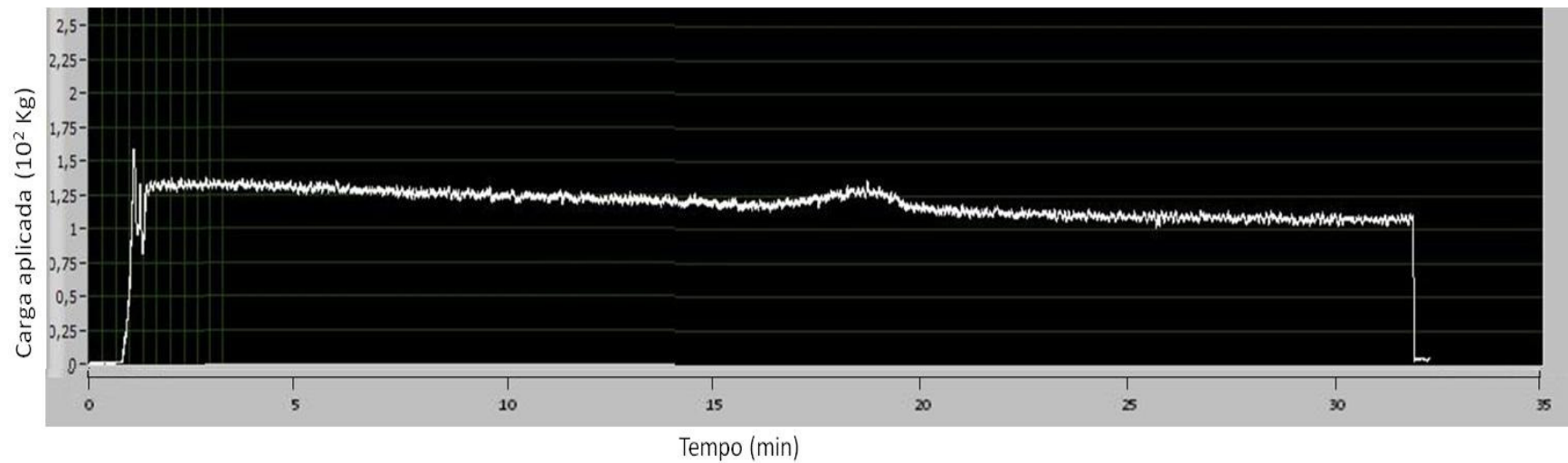


Figura C. 6 – Força registrada para o sexto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

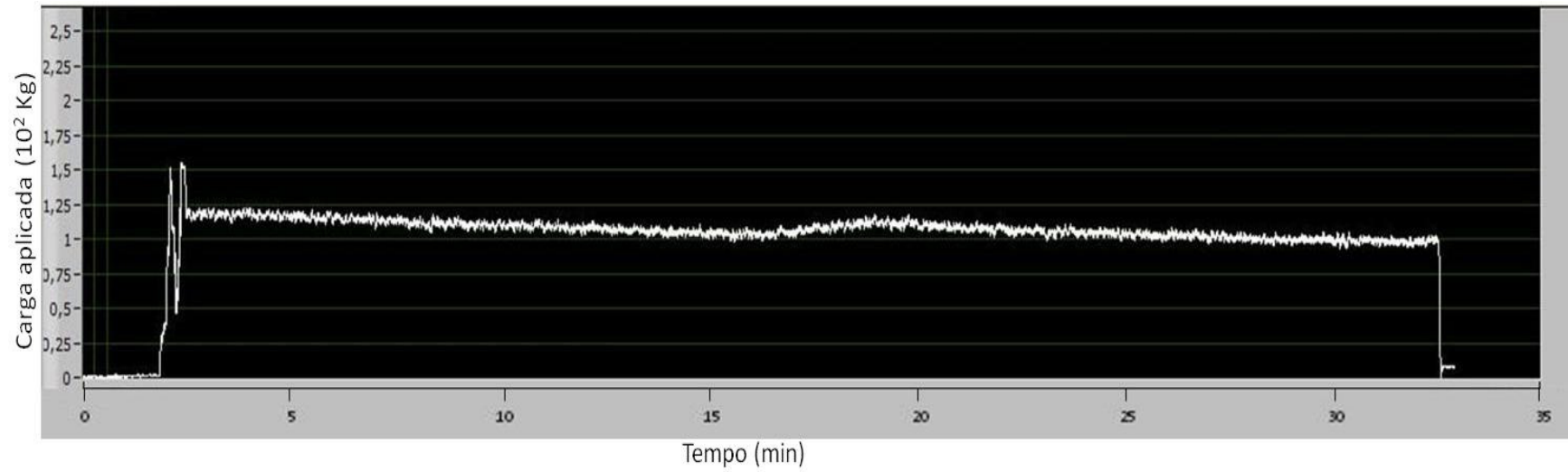


Figura C. 7 – Força registrada para o sétimo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

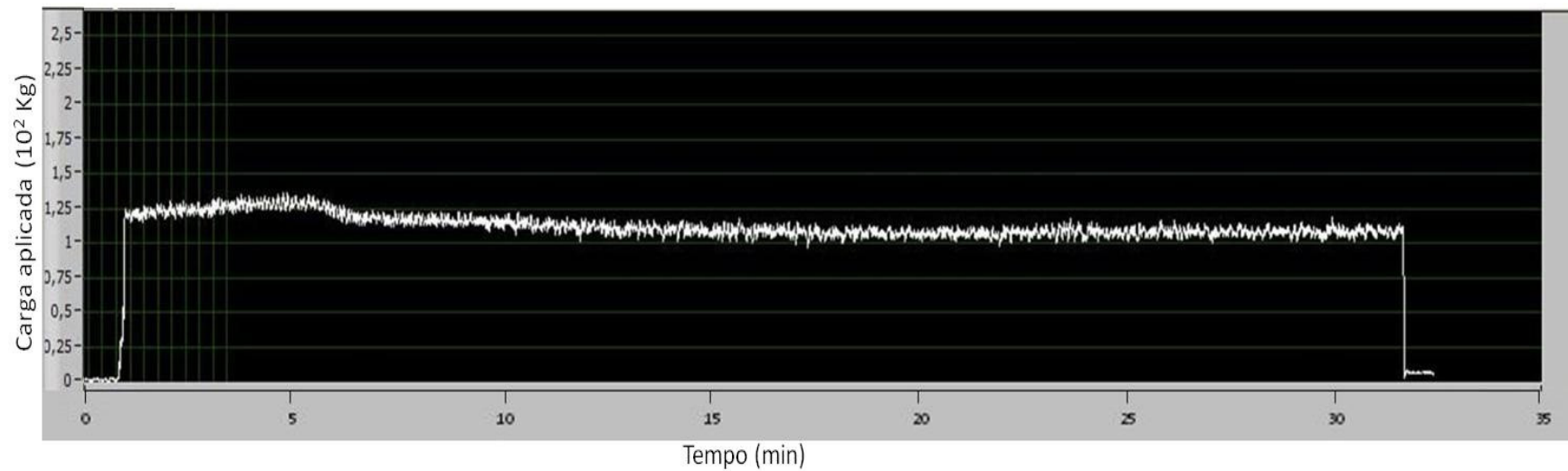


Figura C. 8 – Força registrada para o oitavo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

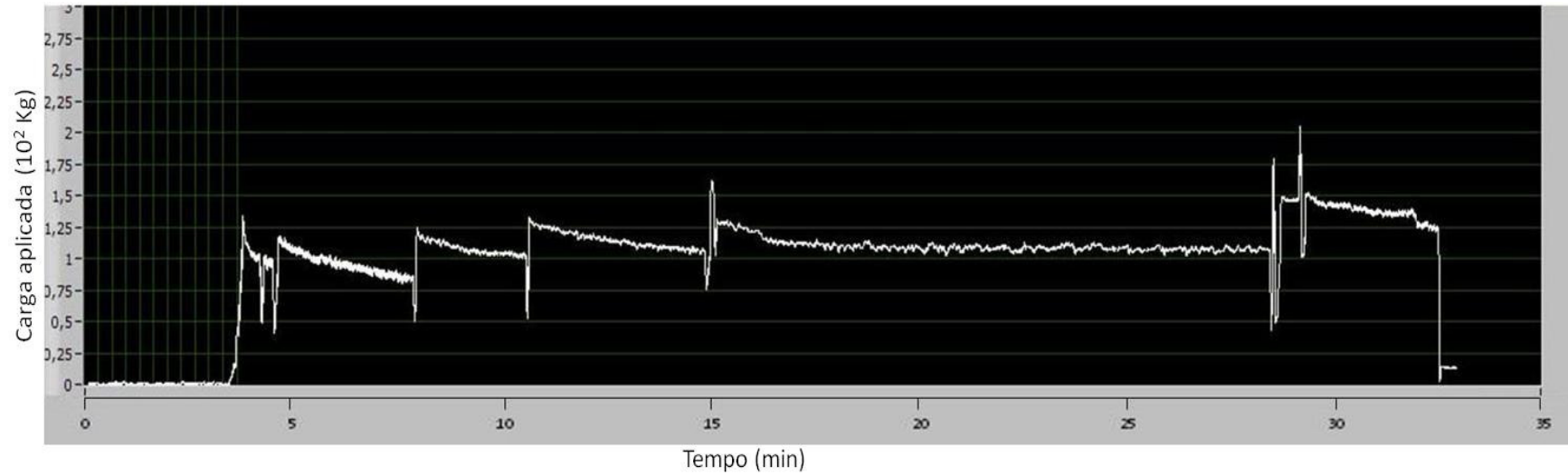


Figura C. 9 – Força registrada para o primeiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

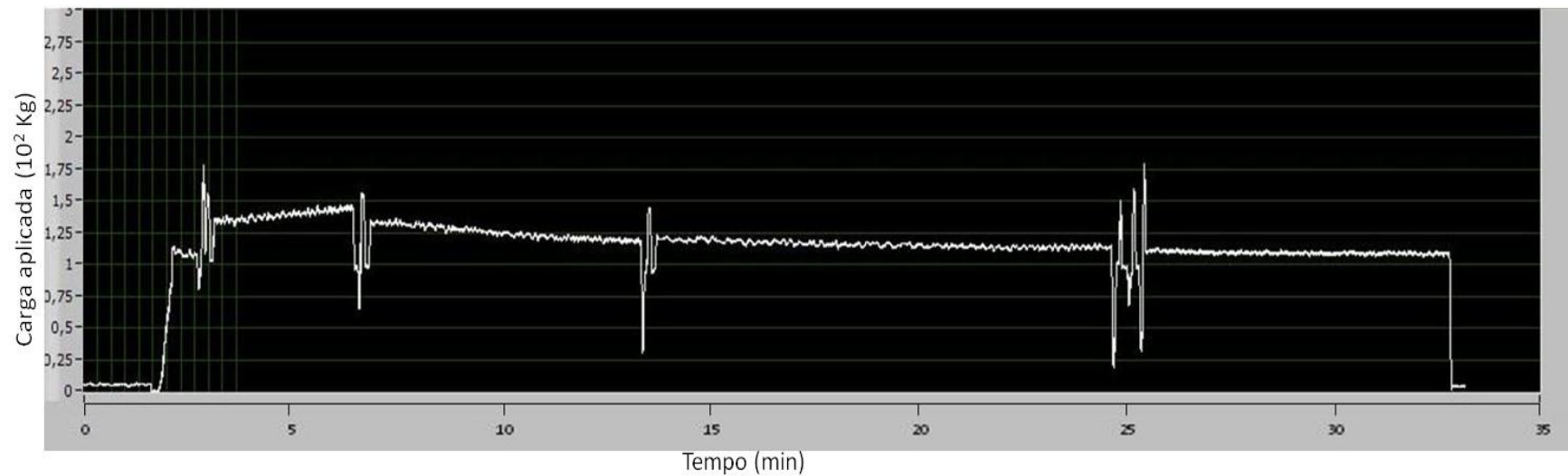


Figura C. 10 – Força registrada para o segundo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

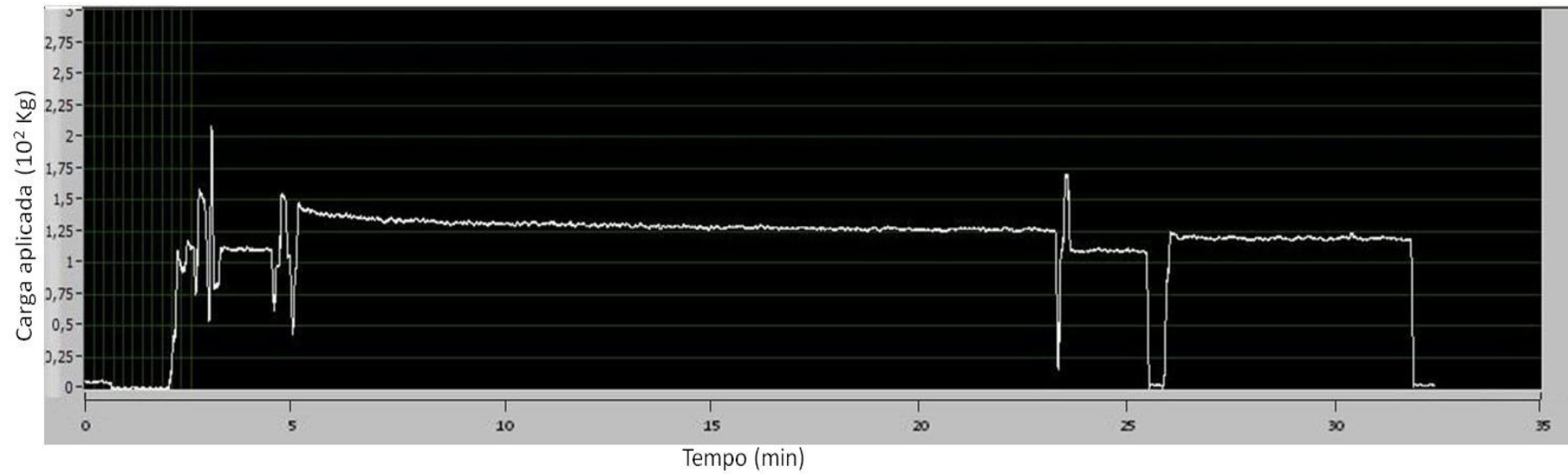


Figura C. 11 – Força registrada para o terceiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

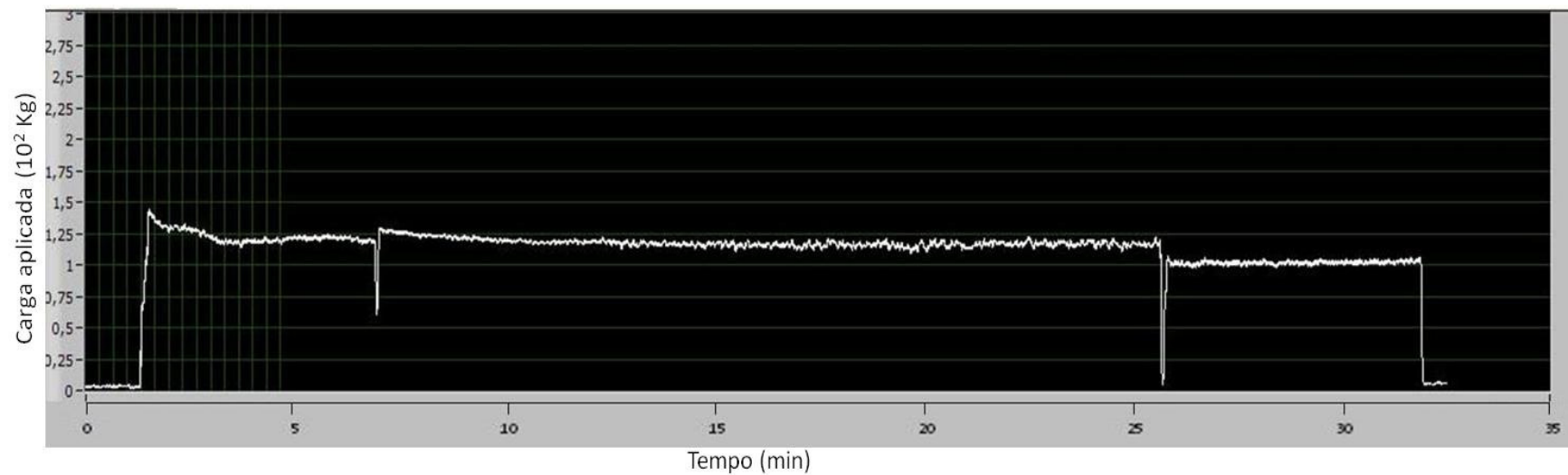


Figura C. 12 – Força registrada para o quarto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

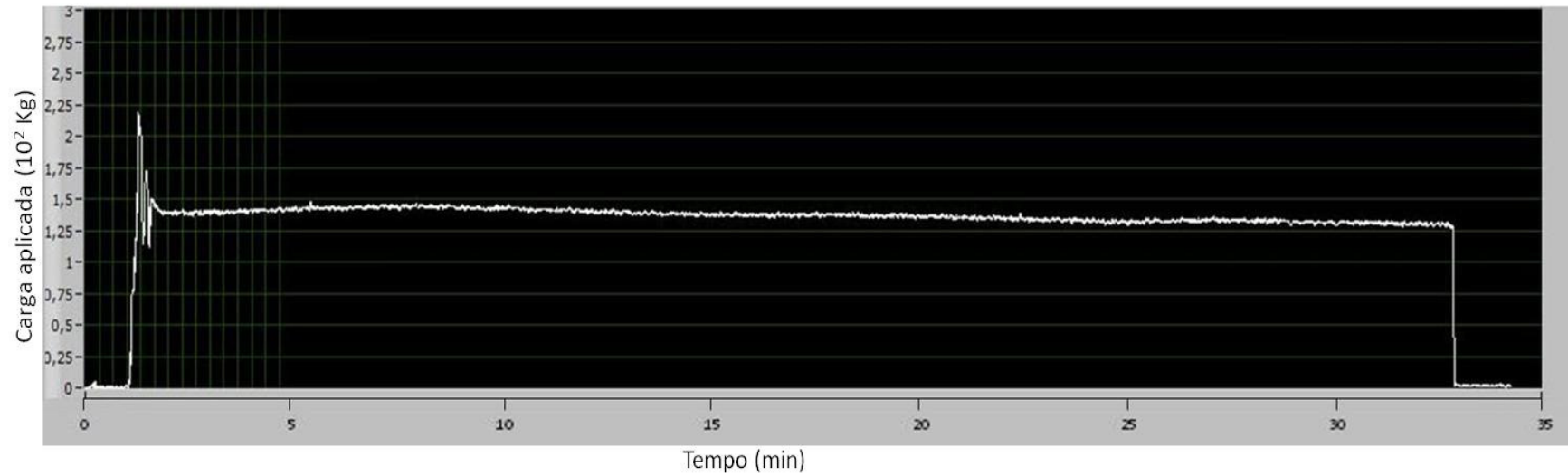


Figura C. 13 – Força registrada para o quinto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

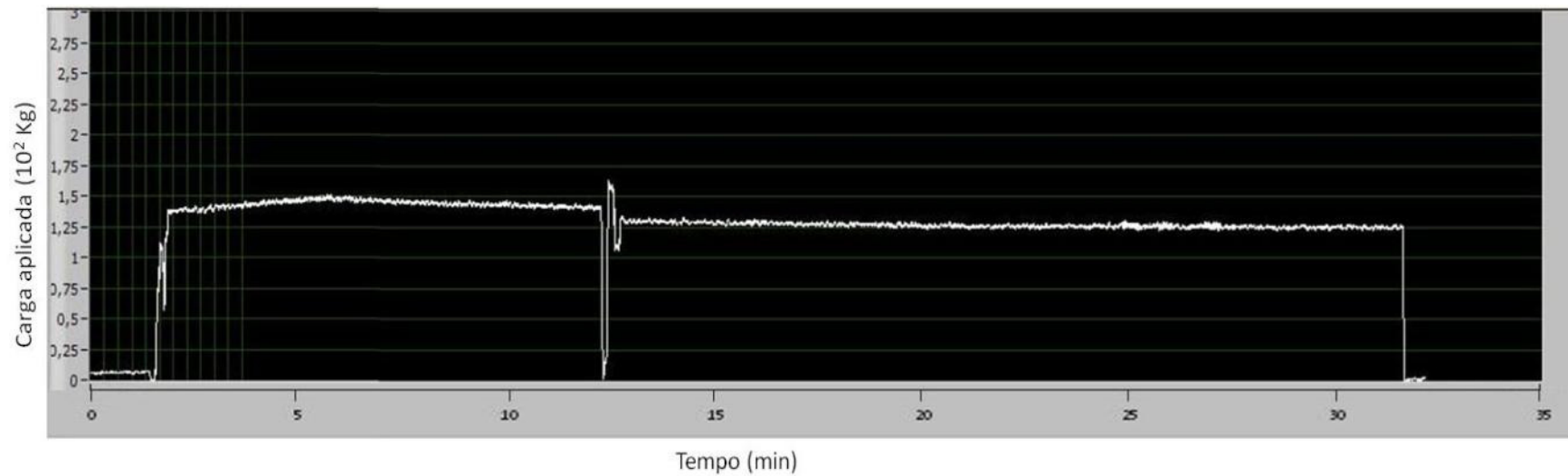


Figura C. 14 – Força registrada para o sexto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

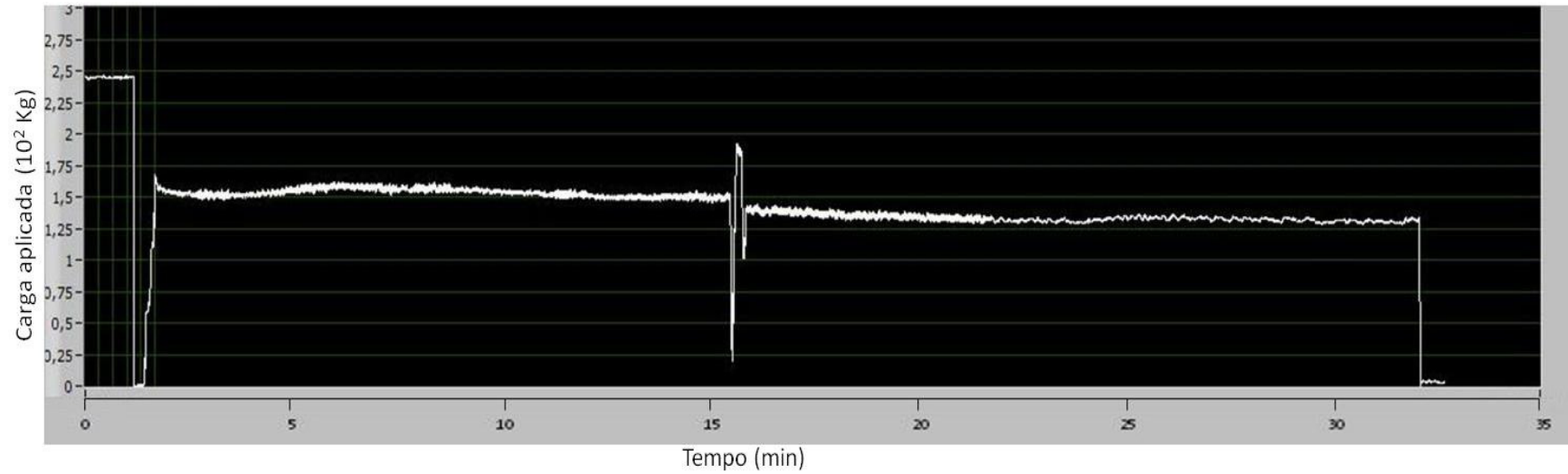


Figura C. 15 – Força registrada para o sétimo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

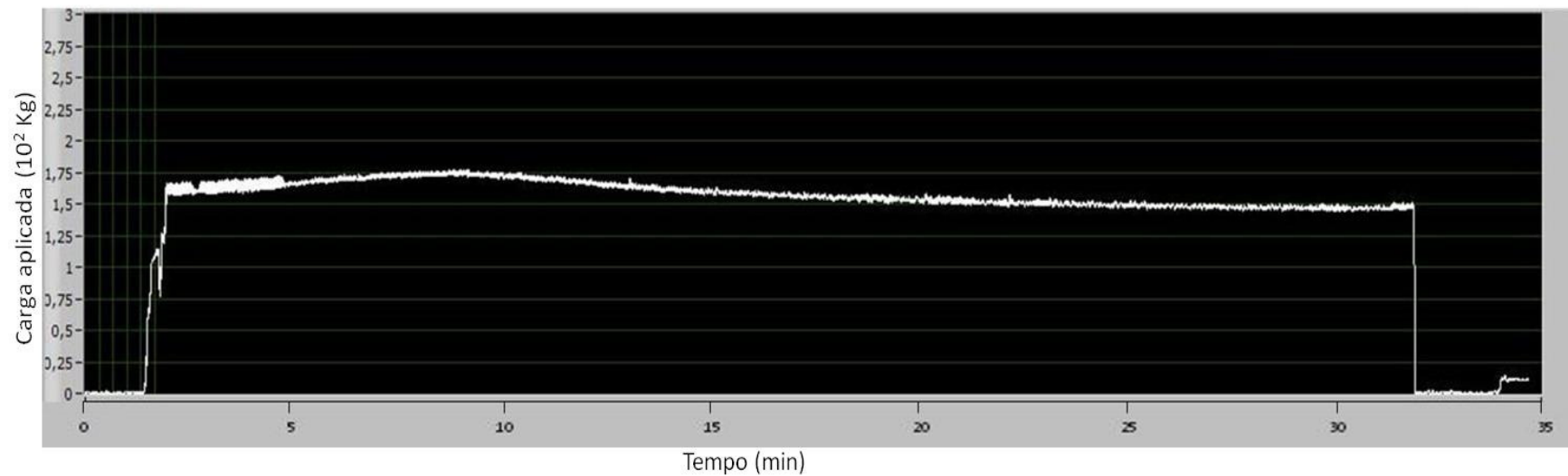


Figura C. 16 – Força registrada para o oitavo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 75 RPM

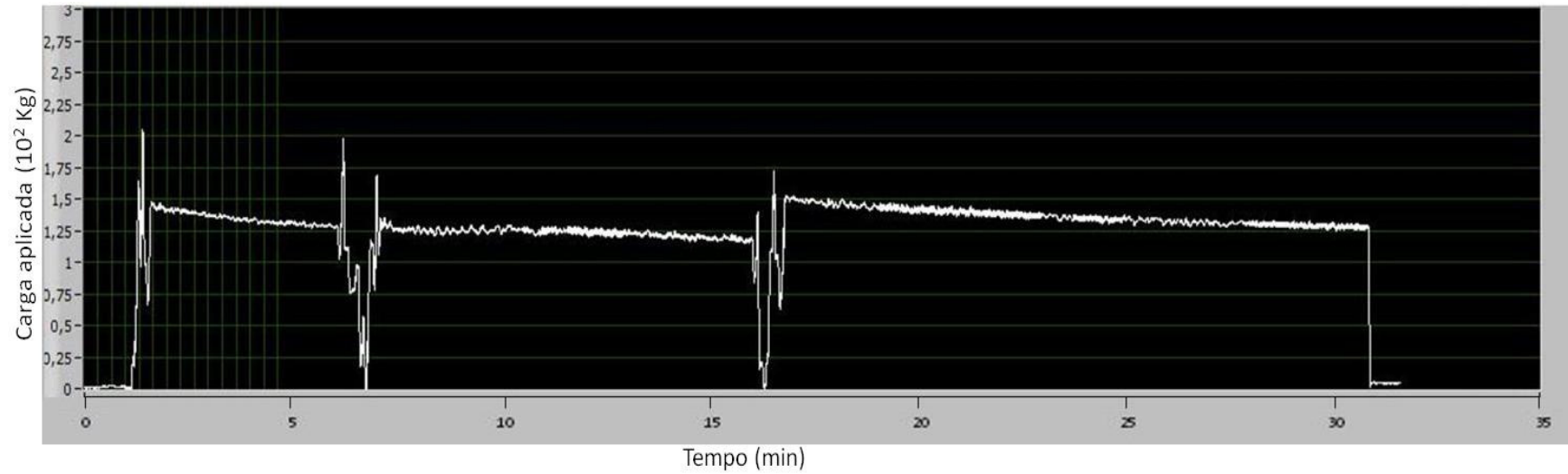


Figura C. 17 – Força registrada para o primeiro teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

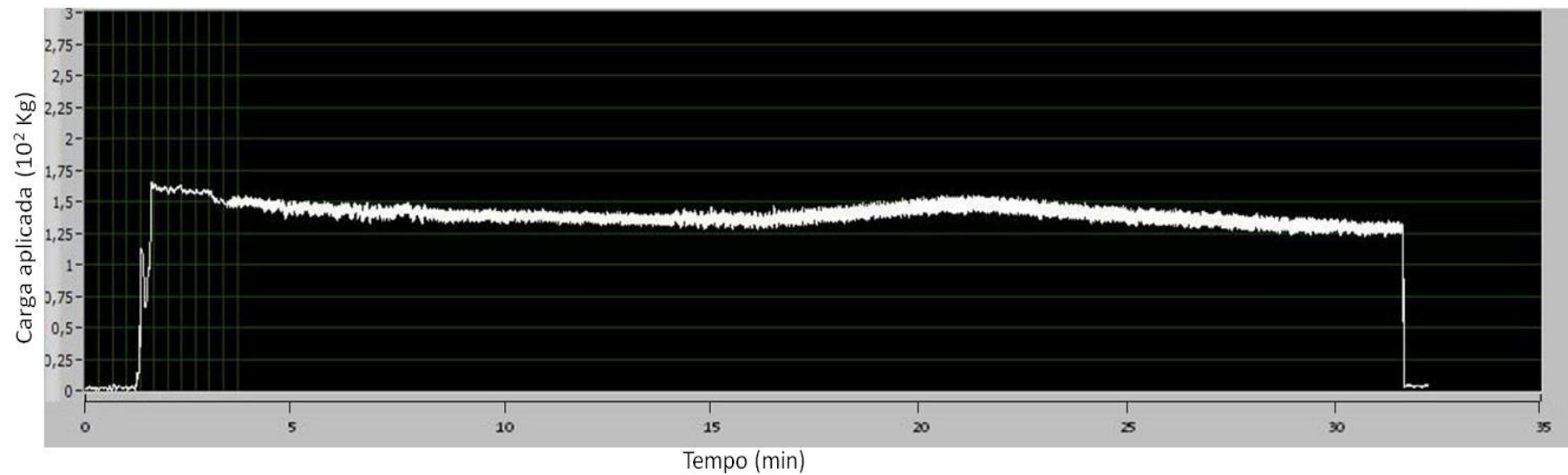


Figura C. 18 – Força registrada para o segundo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

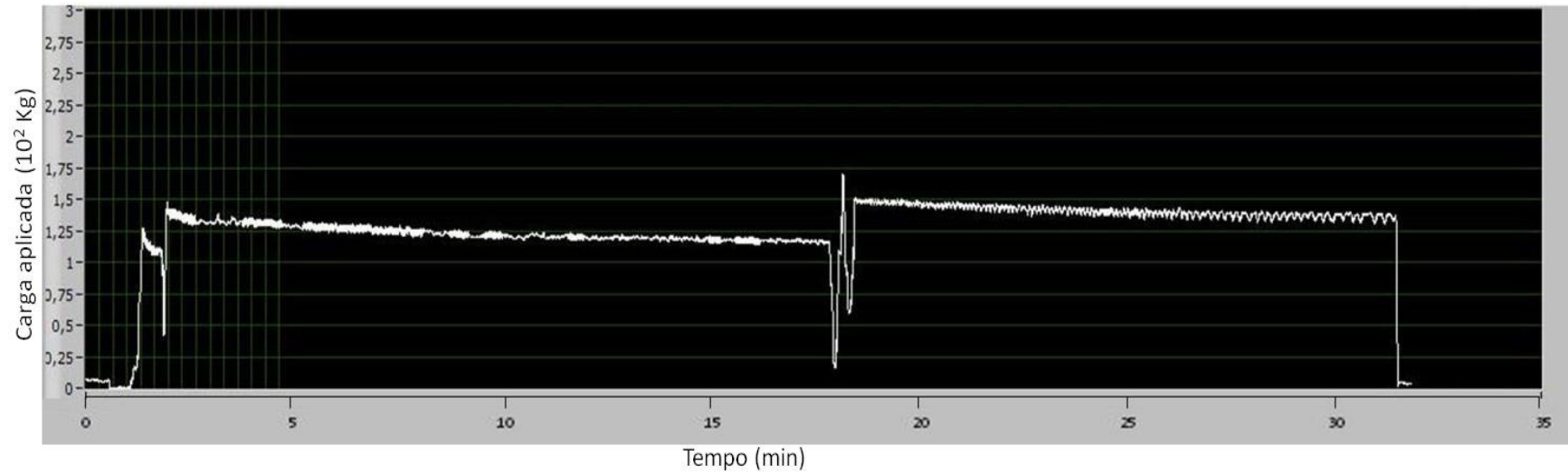


Figura C. 19 – Força registrada para o terceiro teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

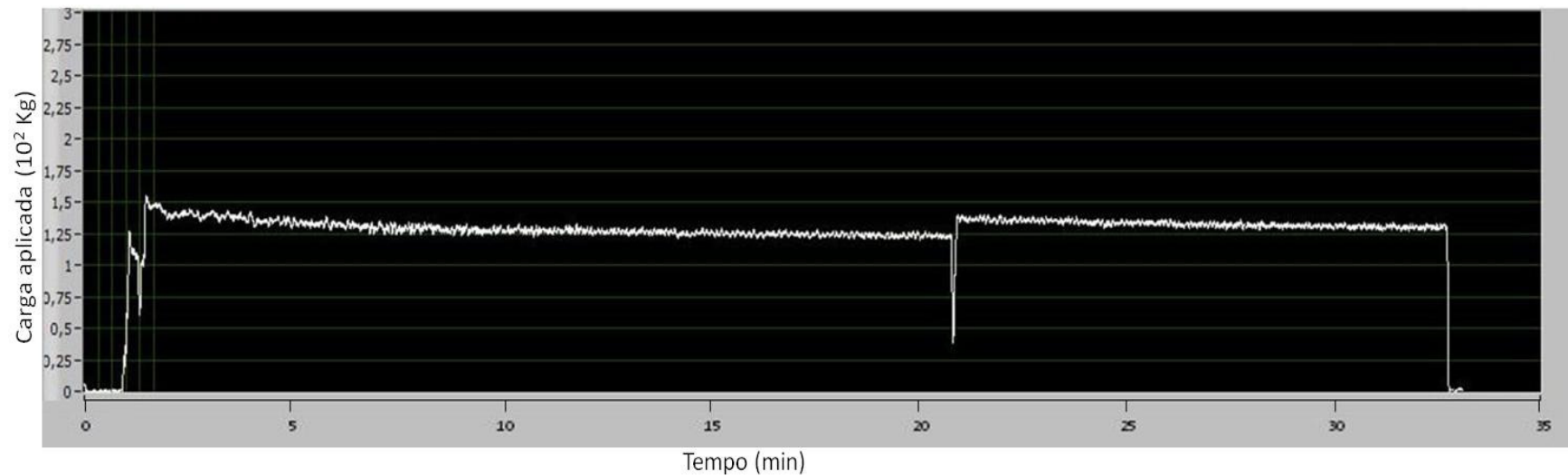


Figura C. 20 – Força registrada para o quarto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

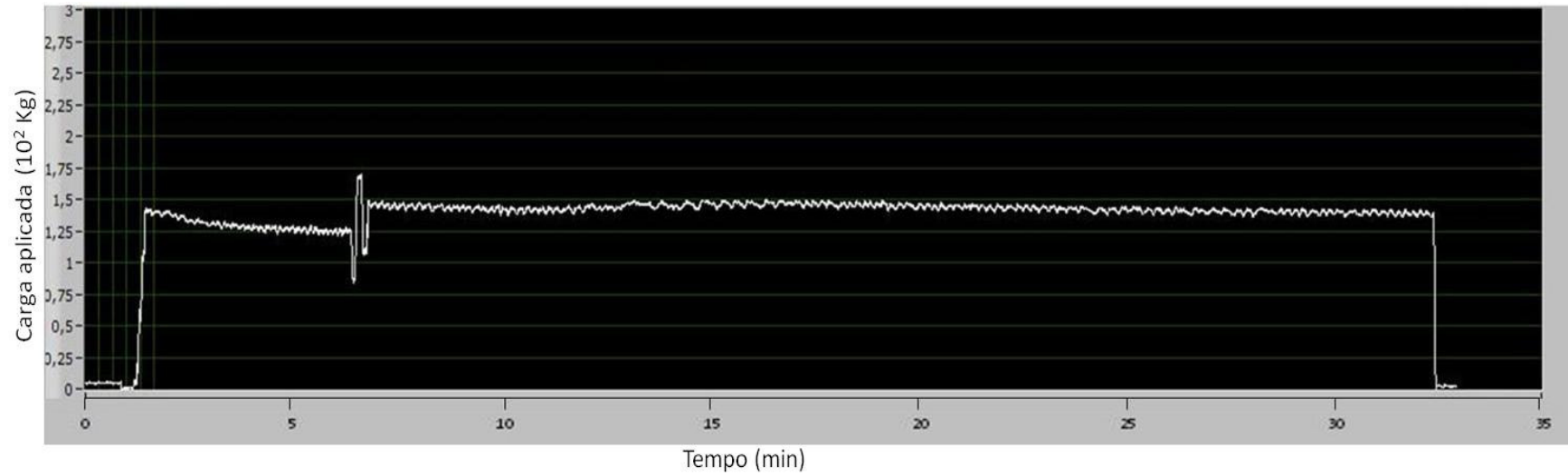


Figura C. 21 – Força registrada para o quinto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

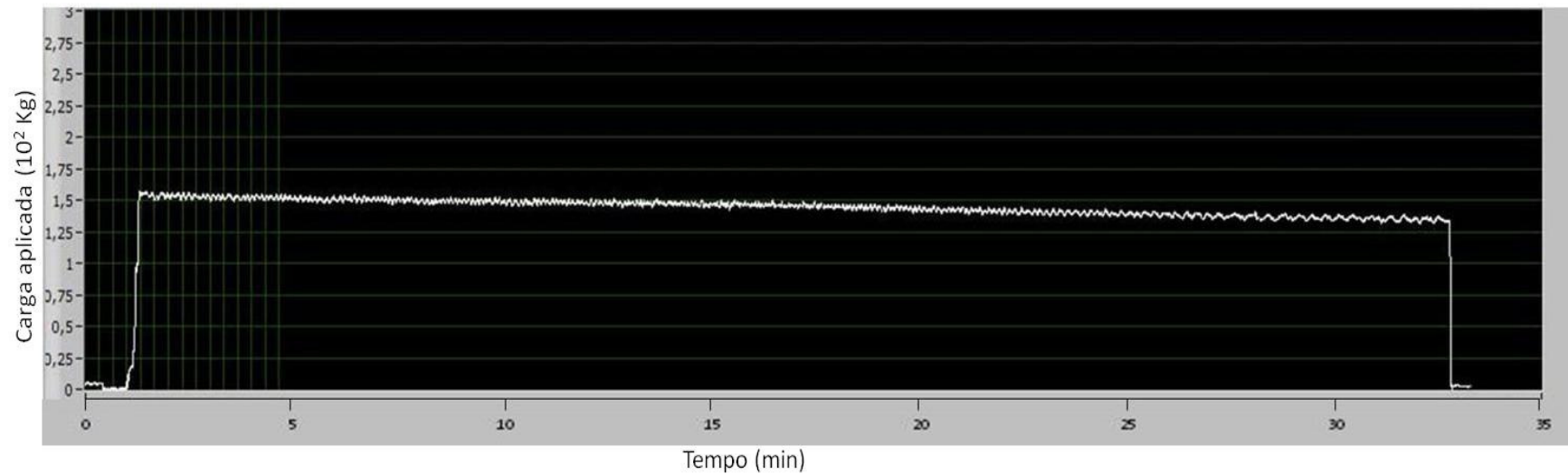


Figura C. 22 – Força registrada para o sexto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

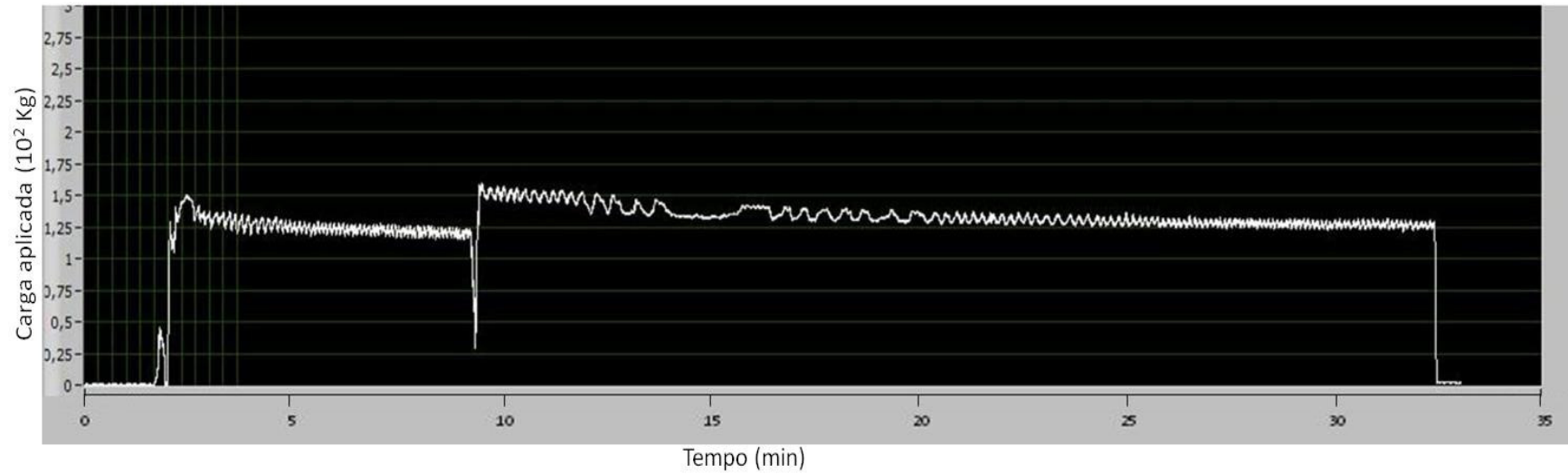


Figura C. 23 – Força registrada para o sétimo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

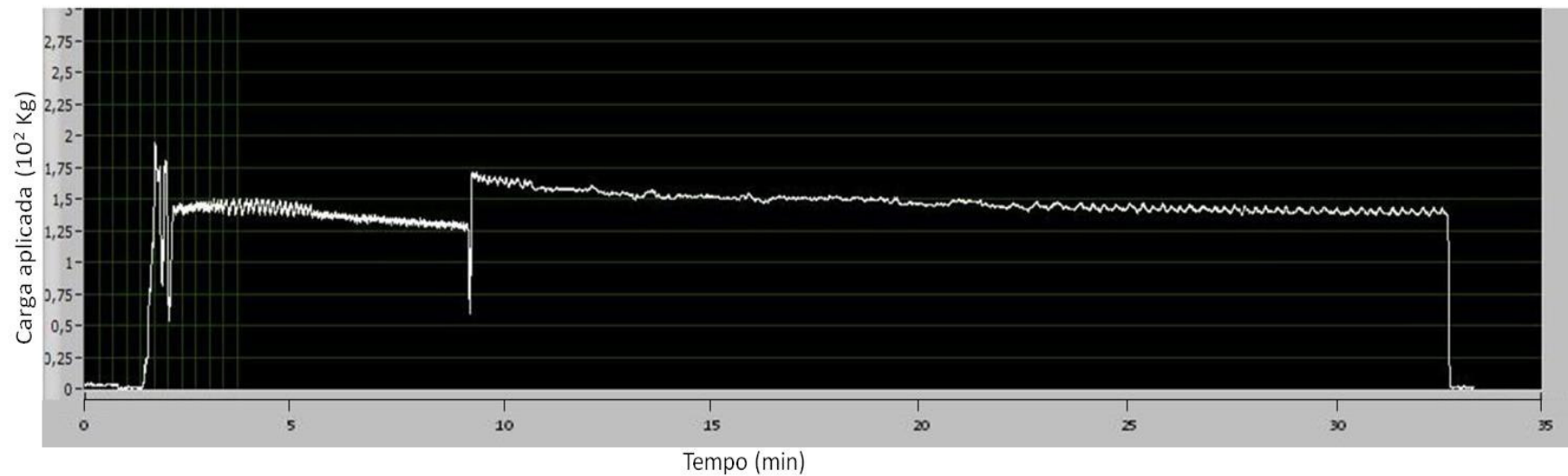


Figura C. 24 – Força registrada para o oitavo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

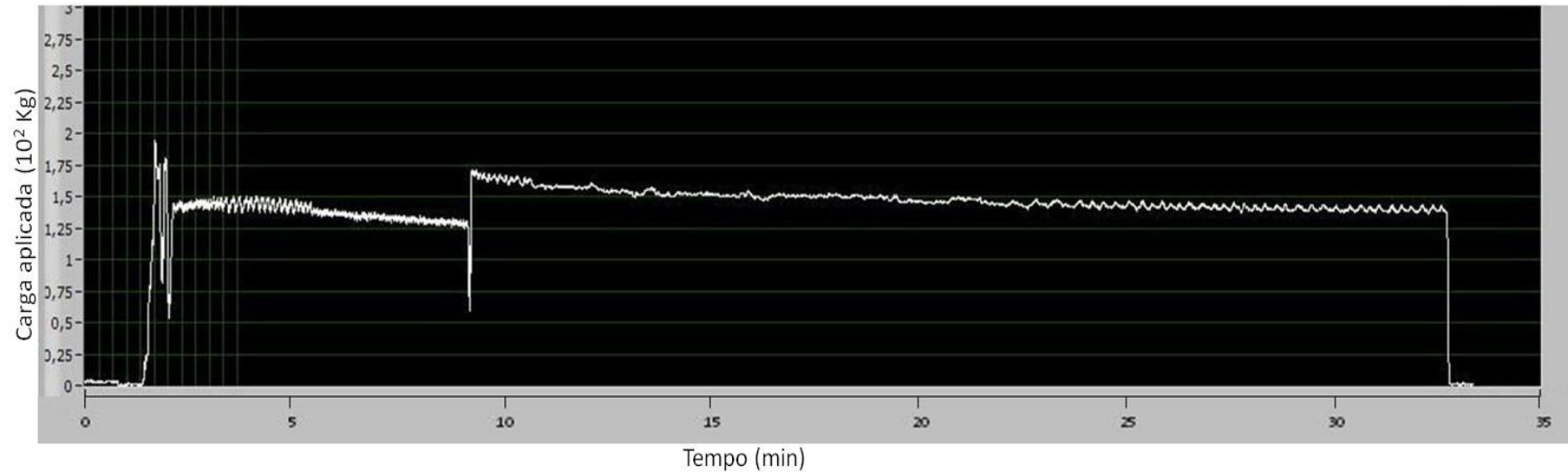


Figura C. 25 – Força registrada para o primeiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

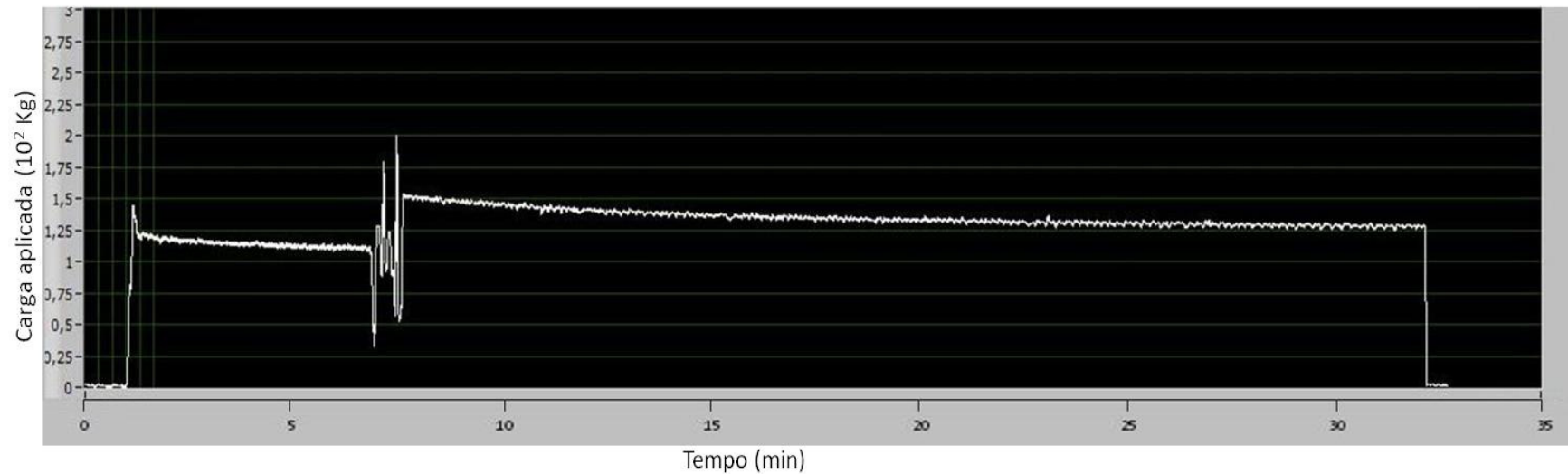


Figura C. 26 – Força registrada para o segundo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

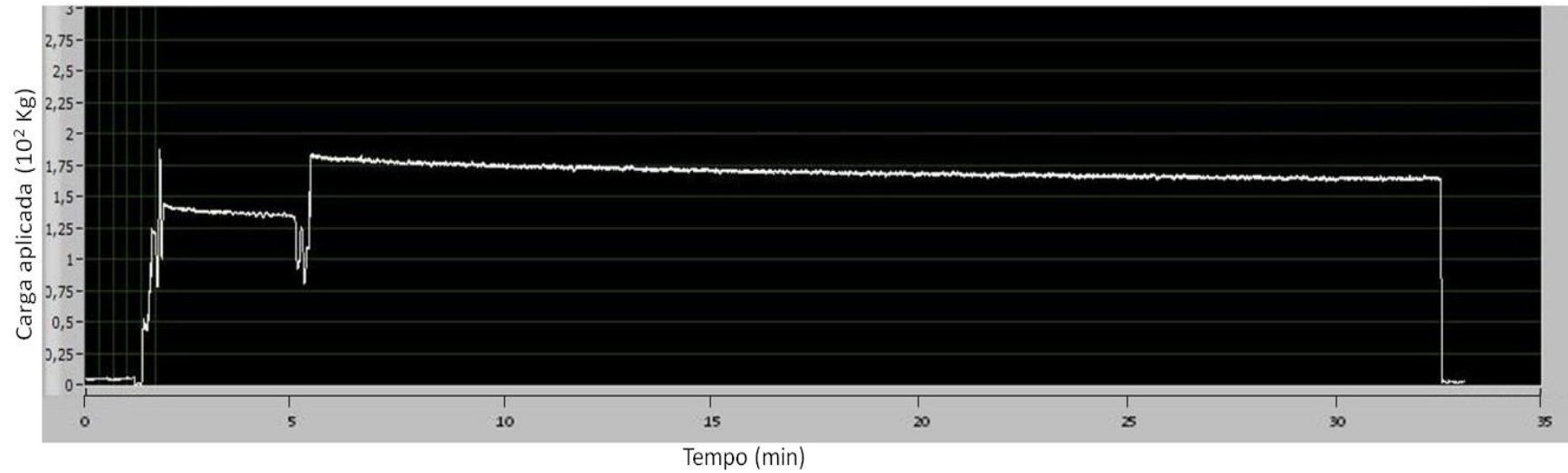


Figura C. 27 – Força registrada para o terceiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

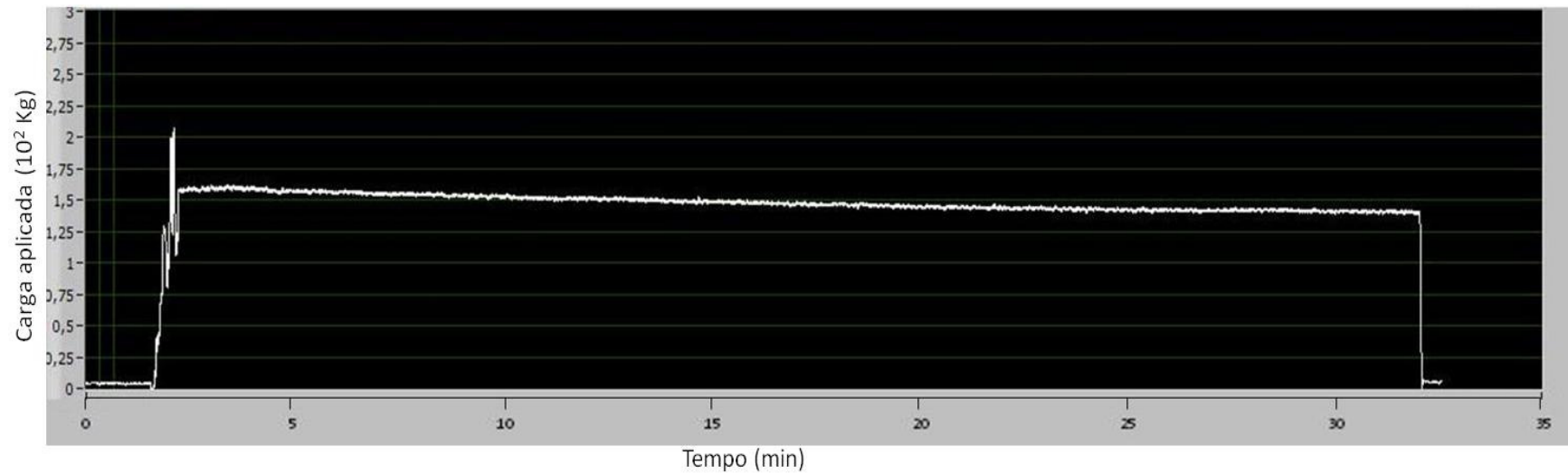


Figura C. 28 – Força registrada para o quarto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

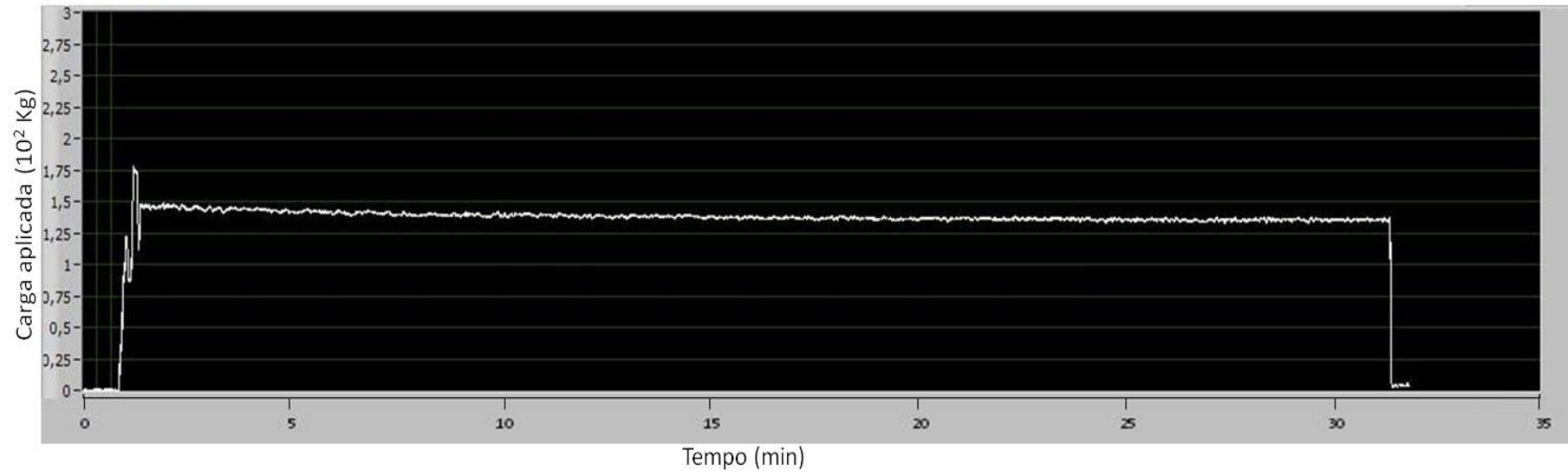


Figura C. 29 – Força registrada para o quinto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

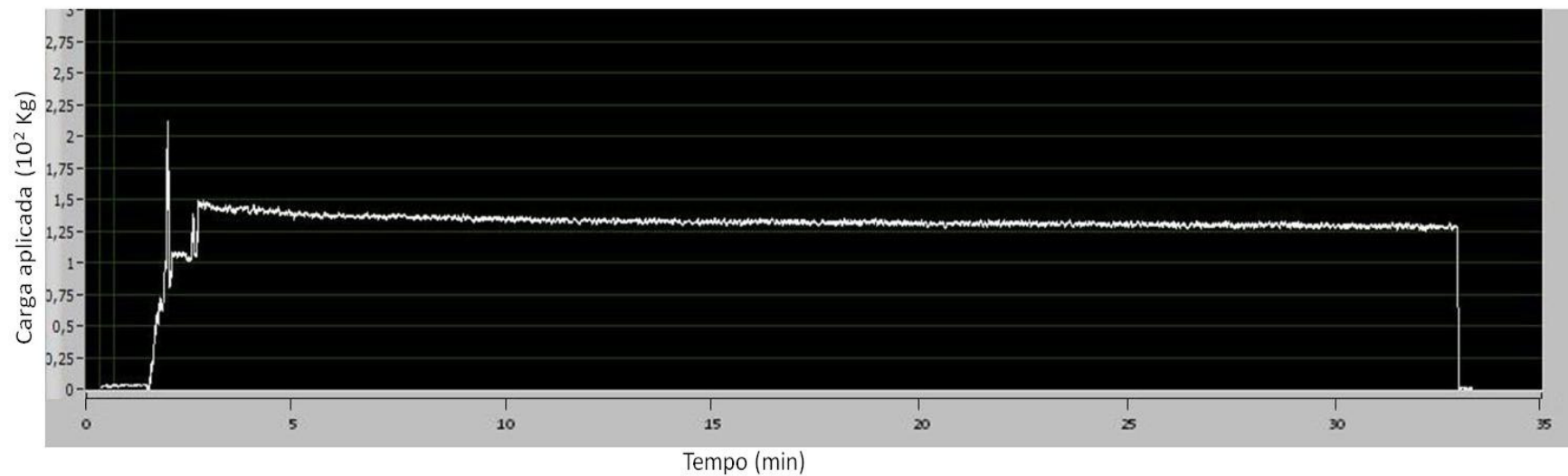


Figura C. 30 – Força registrada para o sexto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

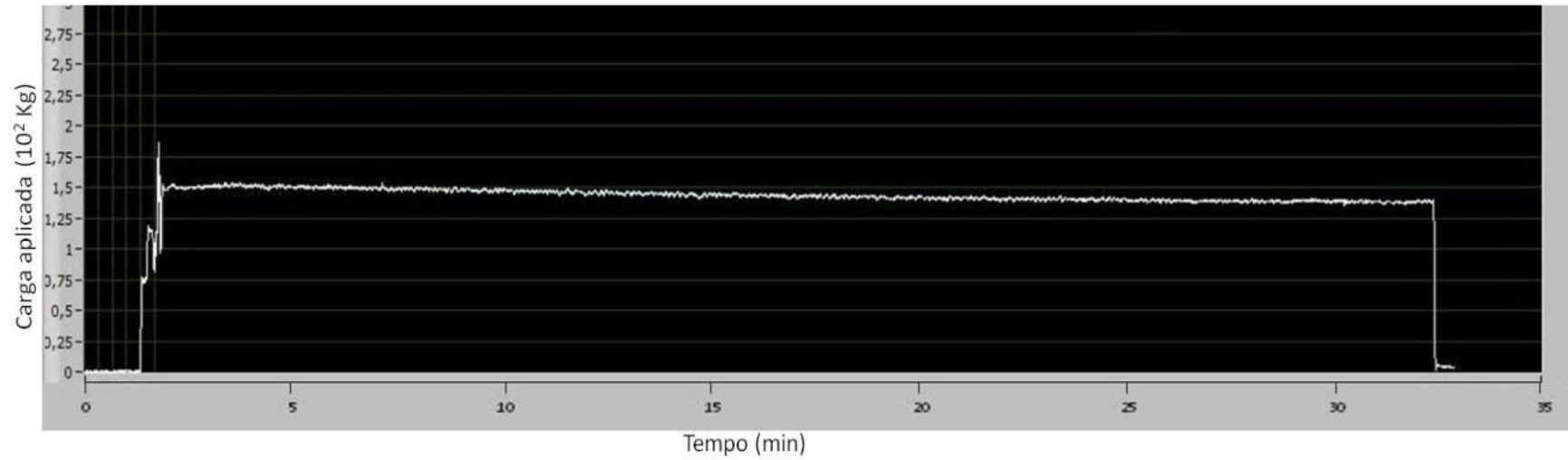


Figura C. 31 – Força registrada para o sétimo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

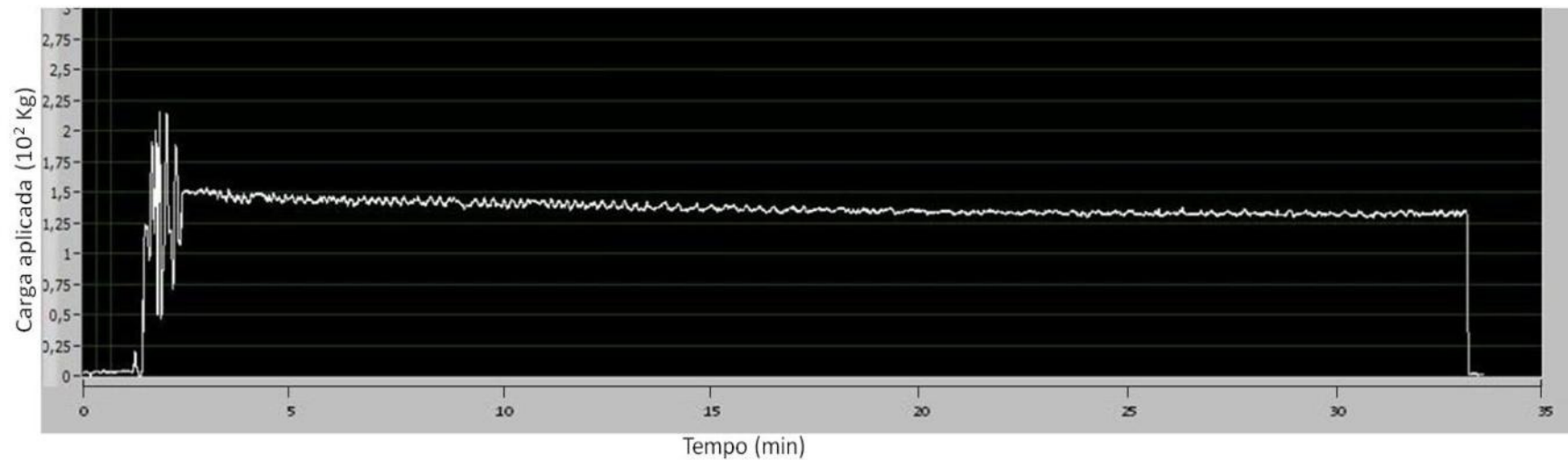


Figura C. 32 – Força registrada para o oitavo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria fina com 75 RPM

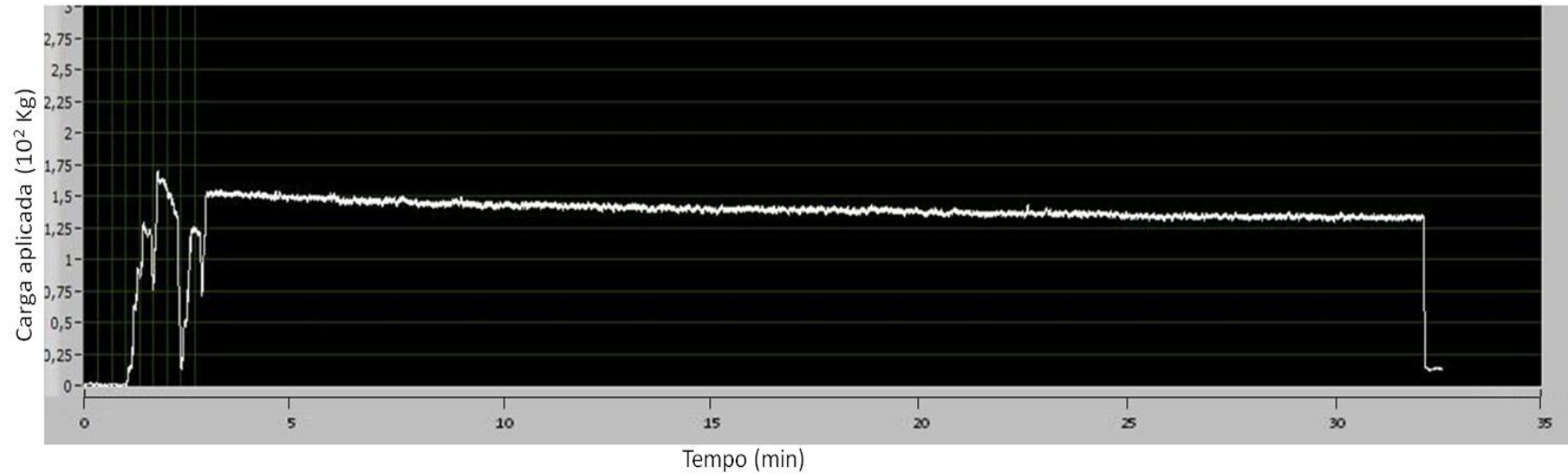


Figura C. 33 – Força registrada para o primeiro teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

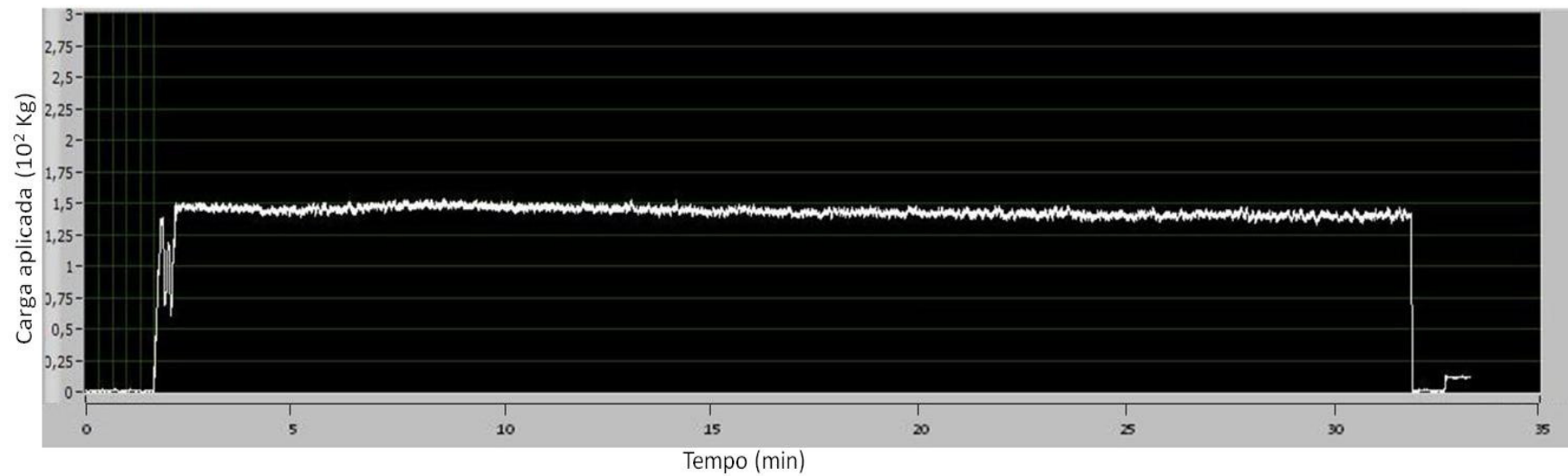


Figura C. 34 – Força registrada para o segundo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

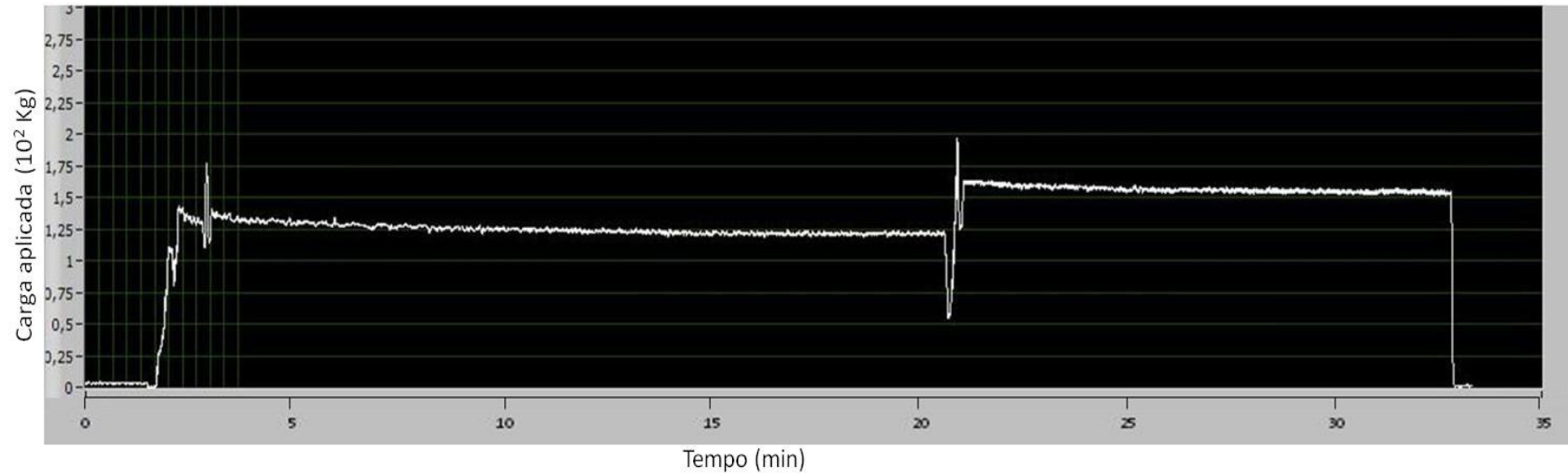


Figura C. 35 – Força registrada para o terceiro teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

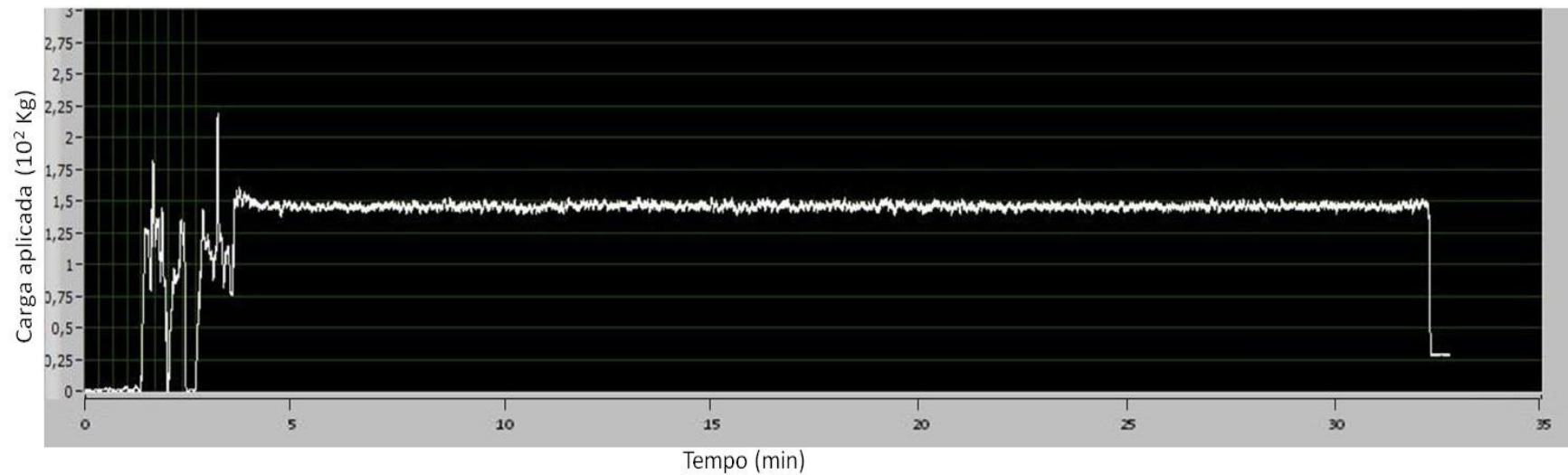


Figura C. 36 – Força registrada para o quarto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

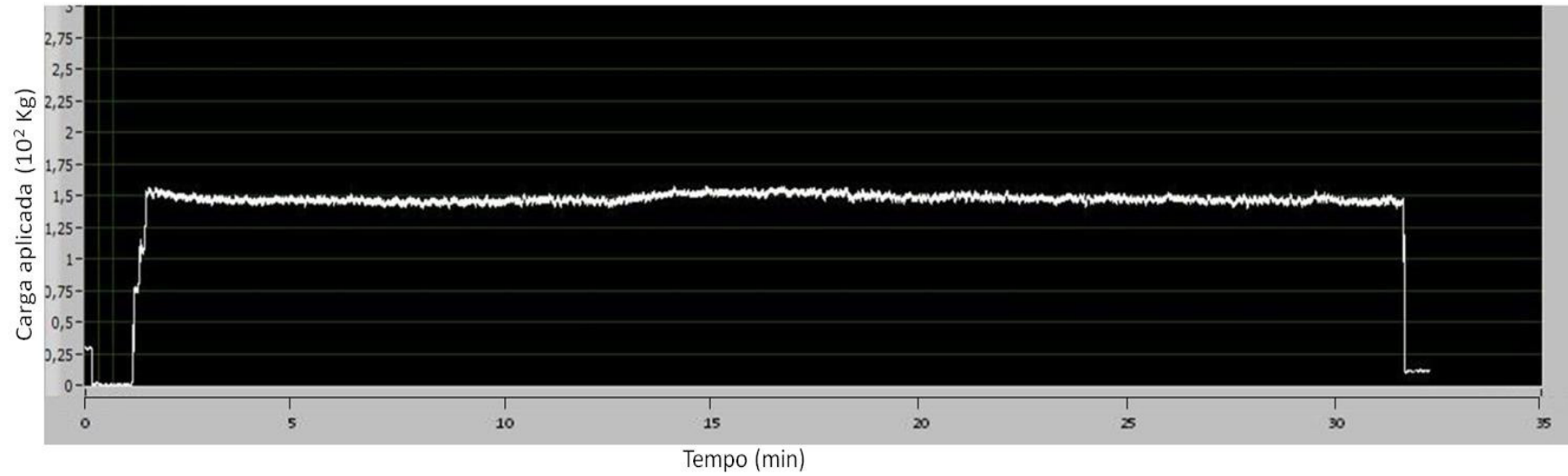


Figura C. 37 – Força registrada para o quinto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

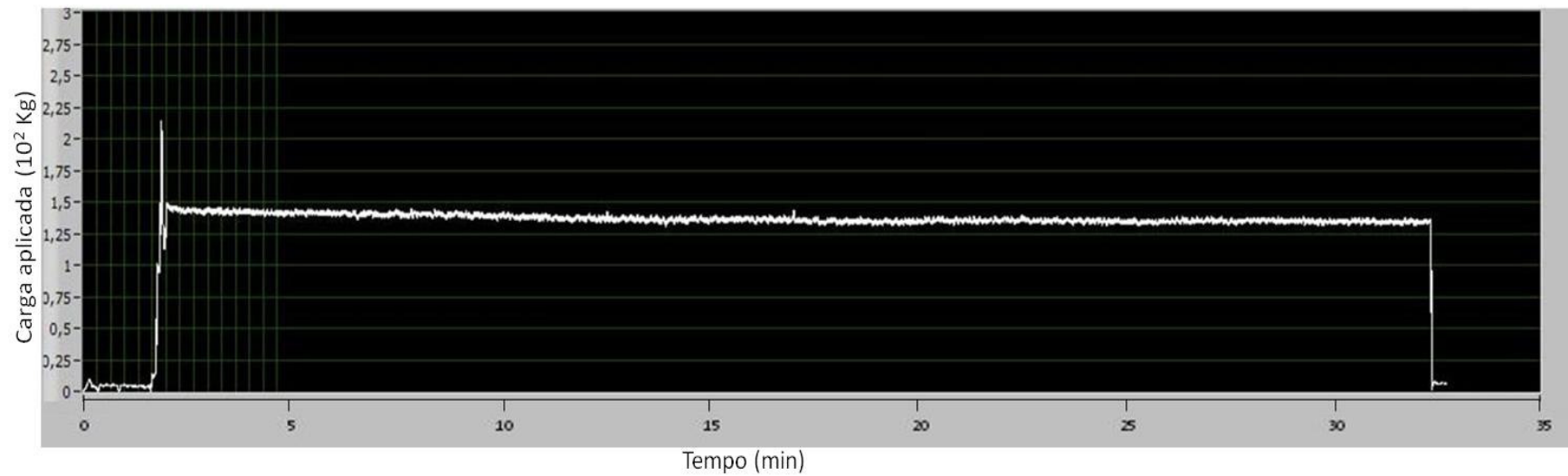


Figura C. 38 – Força registrada para o sexto teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

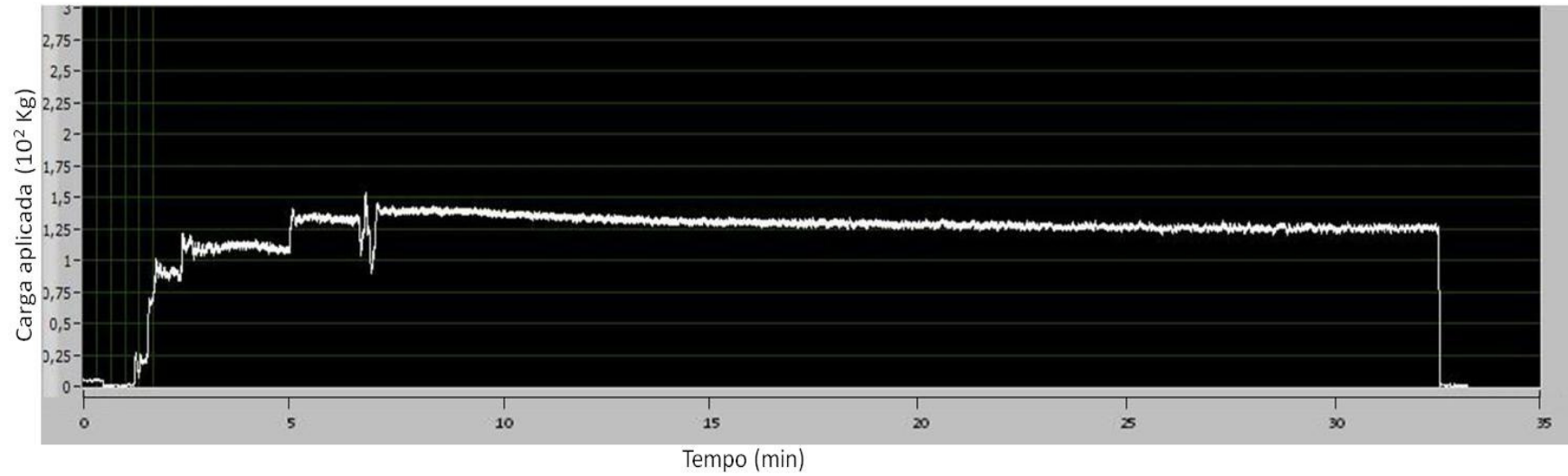


Figura C. 39 – Força registrada para o sétimo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

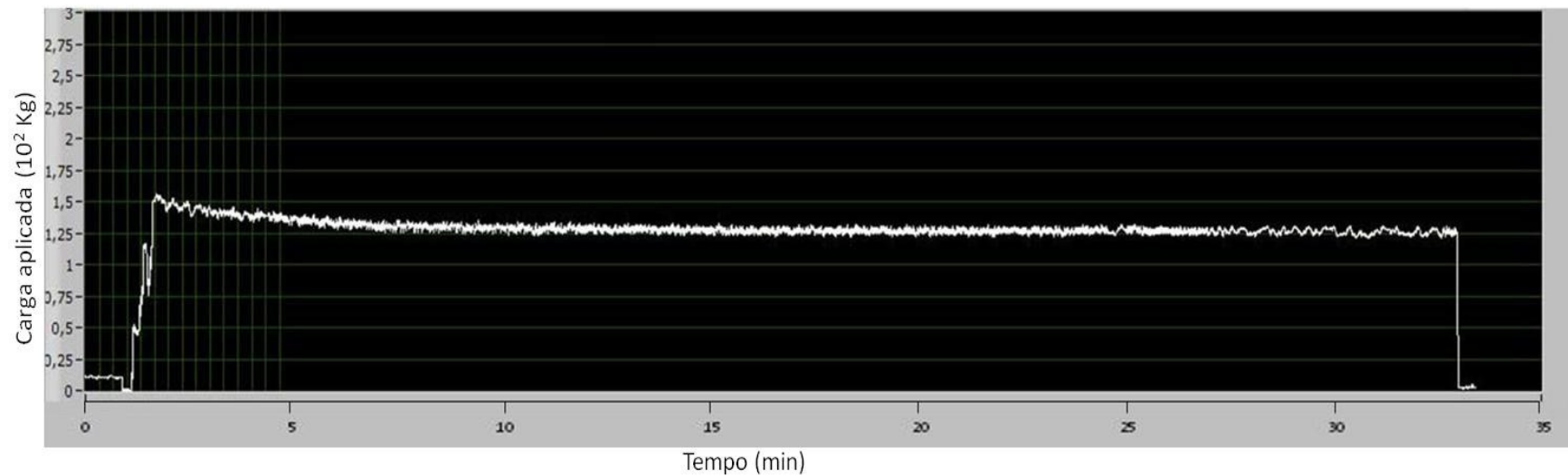


Figura C. 40 – Força registrada para o oitavo teste do primeiro ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

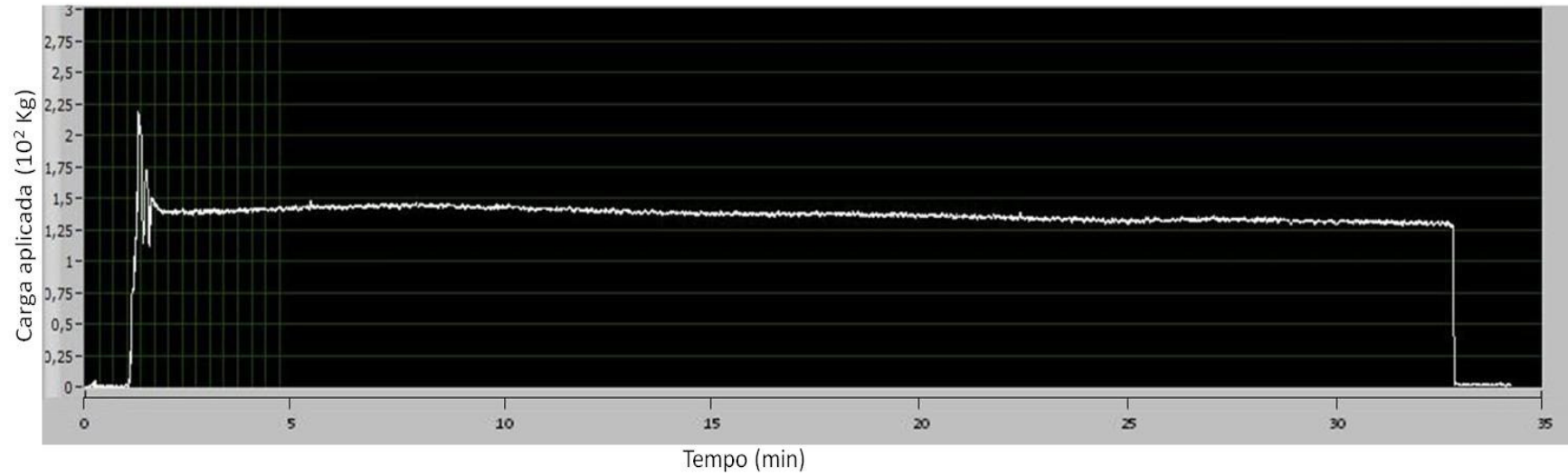


Figura C. 41 – Força registrada para o primeiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

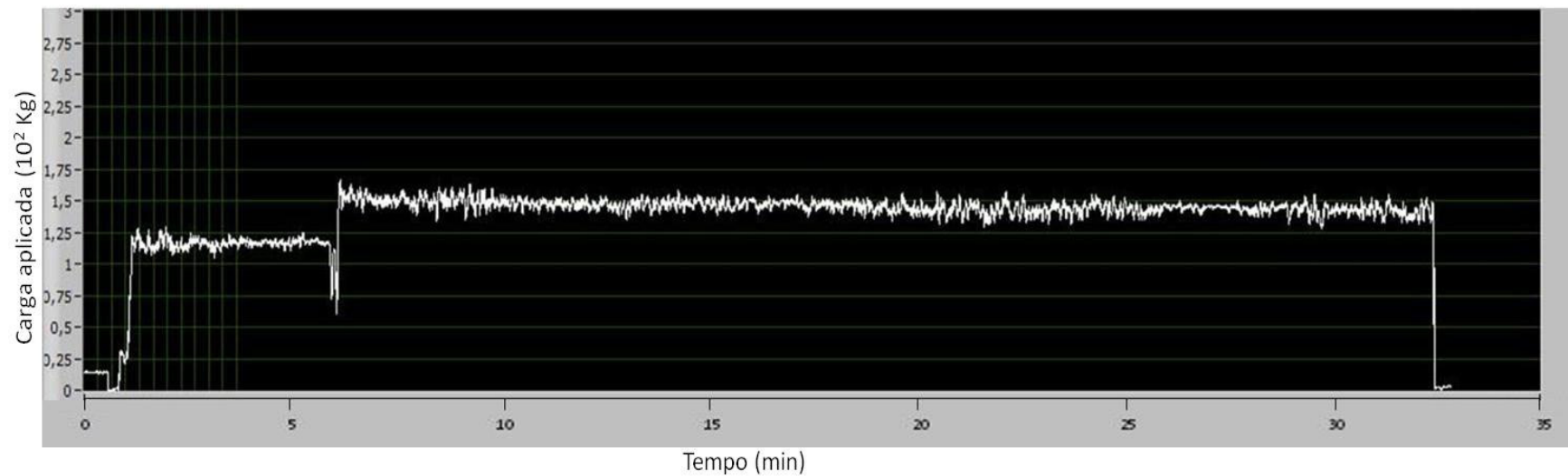


Figura C. 42 – Força registrada para o segundo teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

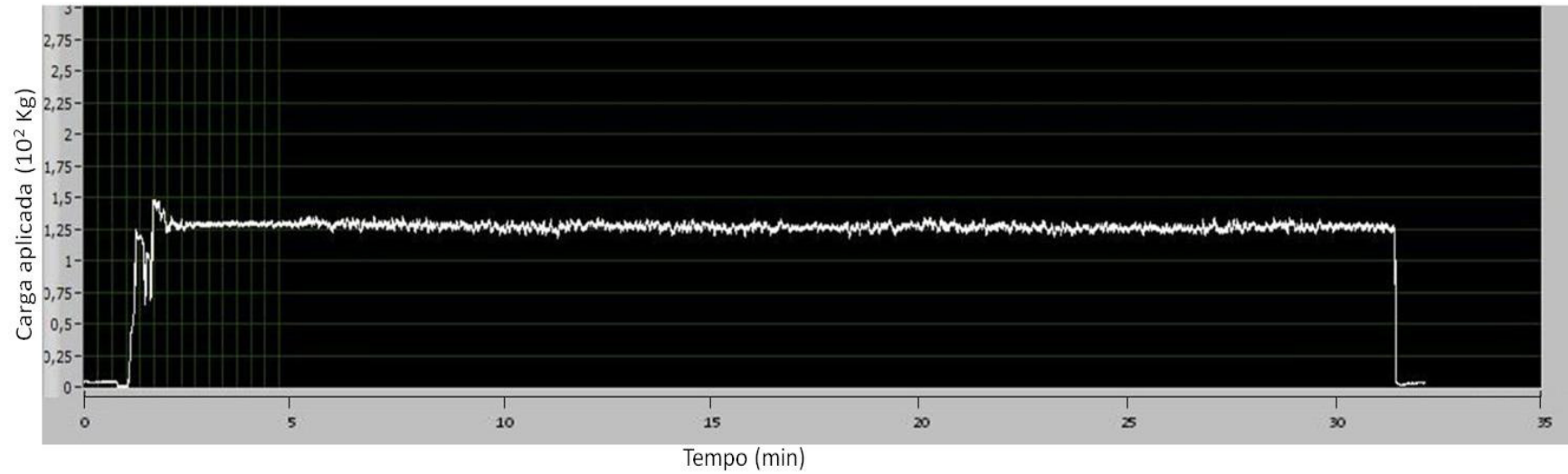


Figura C. 43 – Força registrada para o terceiro teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

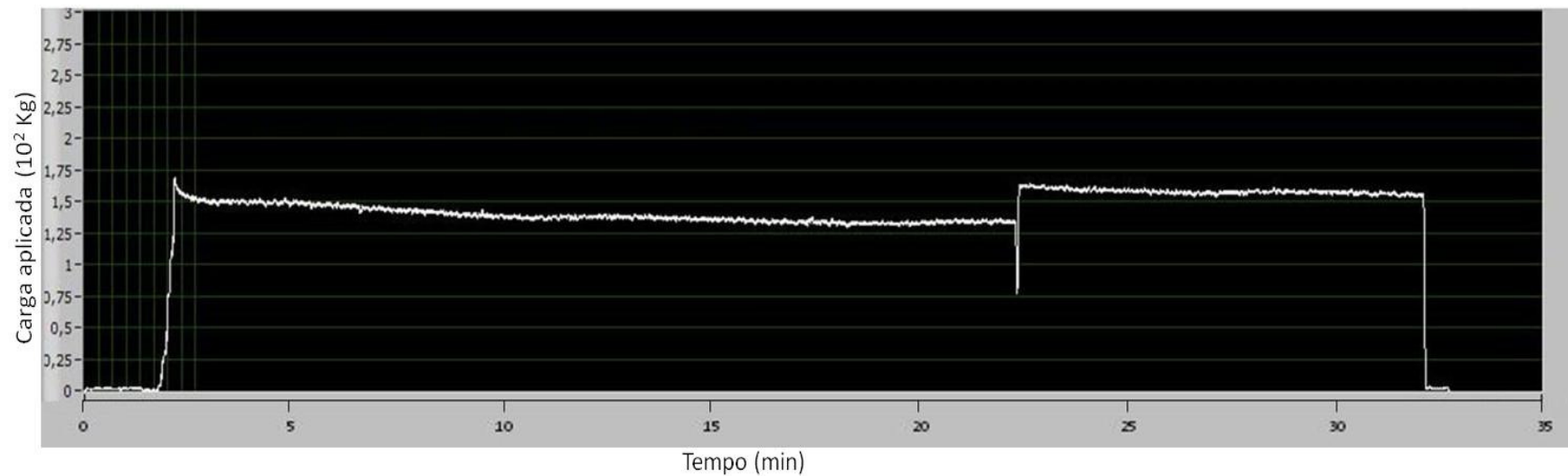


Figura C. 44 – Força registrada para o quarto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

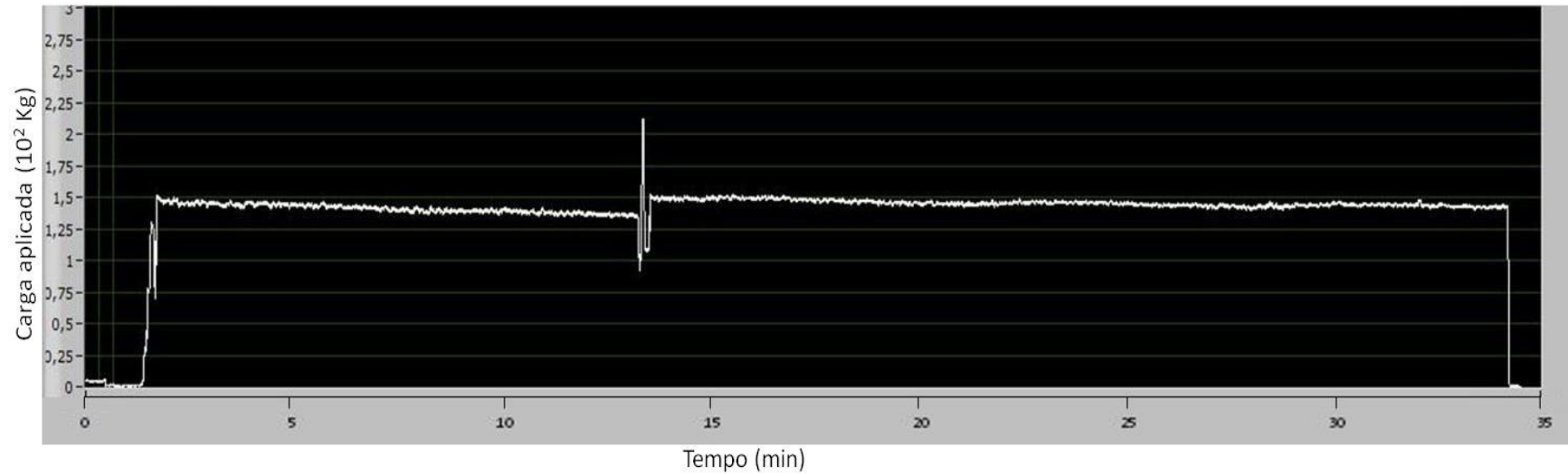


Figura C. 45 – Força registrada para o quinto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM

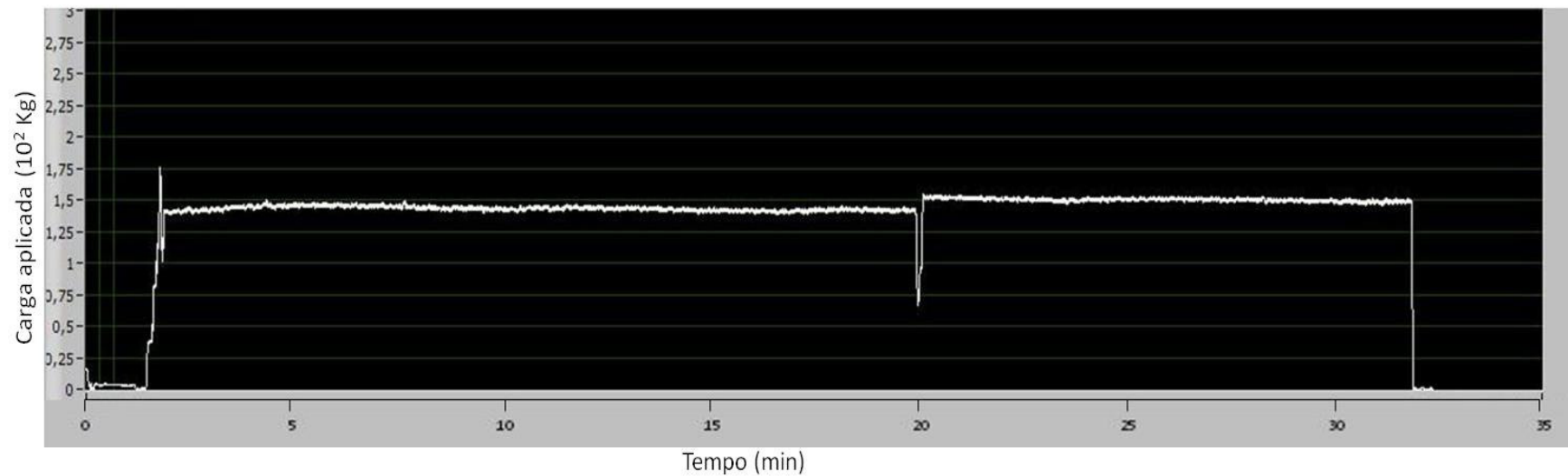


Figura C. 46 – Força registrada para o sexto teste do segundo ensaio da placa de depósito brasado de granulometria grossa com 150 RPM