

4 Resultados

4.1. Inspeção visual

Na Tabela 4 são fornecidas informações para a identificação das unidades de cimento utilizadas no trabalho.

Tabela 4: Identificação das unidades de cimento por lote, data de fabricação e data de validade.

Cimento	Lote	Fabricação	Validade
Baumer Osteo-Class	764752	04/2006	04/2008
Biomecânica	01857	04/2006	04/2009
CMM	66	15/03/2006	15/03/2008
Howmedica Simplex P	CEN-082	02/2006	02/2011
Biomet	541B011201	30/09/2005*	30/09/2010

*Referente à data de esterilização.

4.1.1. Aparência

Foram realizadas inspeções visuais de aparência nos componentes pó e líquido em cada uma das unidades de cimento ensaiadas. Os resultados são apresentados nas Tabelas 5,6,7,8 e 9.

(A) Cimento Ósseo Baumer Osteo-Class

Tabela 5: Avaliação da aparência das unidades de cimento Baumer Osteo-Class.

Cimento	Ensaio	Amostra	Pó	Líquido
Baumer Osteo-Class	Estabilidade do líquido	1	A	A
		2	A	A
	Temperatura máxima e Tempo de colocação	1	A	A
		2	A	A
	Intrusão	1	A	A
	Resistência à compressão	1	A	A
	Resist. e Módulo de flexão	1	A	A

A – Aprovado;

R – Reprovado.

(B) Cimento Ortopédico Biomecânica

Tabela 6: Avaliação da aparência das unidades de cimento Biomecânica.

Cimento	Ensaio	Amostra	Pó	Líquido
Biomecânica	Estabilidade do líquido	1	A	A
		2	A	A
	Temperatura máxima e Tempo de colocação	1	A	A
		2	A	A
	Intrusão	1	A	A
	Resistência à compressão	1	A	A
	Resist. e Módulo de flexão	1	A	A

A – Aprovado;

R – Reprovado.

(C) Cimento Cirúrgico Ortopédico CMM

Tabela 7: Avaliação da aparência das unidades de cimento CMM.

Cimento	Ensaio	Amostra	Pó	Líquido
CMM	Estabilidade do líquido	1	A	A
		2	A	A
	Temperatura máxima e Tempo de colocação	1	A	A
		2	A	A
	Intrusão	1	A	A
		2	A	A
	Resistência à compressão	1	A	A
	Resist. e Módulo flexão	1	A	A

A – Aprovado;

R – Reprovado.

(D) Surgical Simplex P, Howmedica

Tabela 8: Avaliação da aparência das unidades de cimento Howmedica Simplex P.

Cimento	Ensaio	Amostra	Pó	Líquido
Howmedica Simplex P	Estabilidade do líquido	1	A	A
		2	A	A
	Temperatura máxima e Tempo de colocação	1	A	A
		2	A	A
	Intrusão	1	A	A
	Resistência à compressão	1	A	A
	Resist. e Módulo flexão	1	A	A

A – Aprovado;

R – Reprovado.

(E) Biomet Bone Cement R

Tabela 9: Avaliação da aparência das unidades de cimento Biomet.

Cimento	Ensaio	Amostra	Pó	Líquido
Biomet	Estabilidade do líquido	1	A	A
		2	A	A
	Temperatura máxima e Tempo de colocação	1	A	A
		2	A	A
	Intrusão	1	A	A
		2	A	A
	Resistência à compressão	1	A	A
	Resist. e Módulo flexão	1	A	A

A – Aprovado;

R – Reprovado.

**4.1.2.
Embalagem**

Foram verificados os requisitos de embalagem de acordo com os itens 8.1 e 8.3 da norma ABNT NBR ISO 5833. A avaliações de cada um destes itens são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10: Avaliação de requisitos de embalagem das unidades de cimento (itens 8.1 e 8.3)

Cimento	Item 8.1	Item 8.3
Baumer Osteo-Class	A	A
Biomecânica	A	A
CMM	A	A
Howmedica Simplex P	A	A
Biomet	A	A

A – Aprovado;

R – Reprovado.

4.1.3. Rotulagem

São apresentados na Tabela 11 os resultados da avaliação dos requisitos de rotulagem previstos nos itens 9.1. *Embalagem unitária* e 9.2. *Documentação de acompanhamento*.

Tabela 11: Avaliação de requisitos de rotulagem das unidades de cimento (itens 9.1 e 9.2)

Cimento	Item 9.1							Item 9.2							
	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)
Baumer Osteo-Class	R	R	A	A	A	R	R	R	A	A	A	A	A	A	R
Biomecânica	R	A	A	A	R	R	R	A	R	A	A	A	A	A	A
CMM	R	A	A	A	A	A	R	A	R	A	A	A	A	A	A
Howmedica Simplex P	R	R	A	A	A	A	A	R	R	A	A	A	A	R	R
Biomet	R	A	A	A	R	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A

A – Aprovado;

R – Reprovado.

4.2. Exatidão de conteúdos

Foram realizadas aferições de massa e volume nos componentes pó e líquido, respectivamente, de cinco unidades de cimento de cada marca, a fim de verificar se os valores encontram-se dentro das variações mínimas permitidas. A norma determina que cada uma de cinco unidades deve estar dentro de 5% do especificado na embalagem, conforme a Tabela 12. Os resultados e suas análises estatísticas são apresentados nas Tabelas 13,14,15,16 e 17.

Tabela 12: Massa e volume nominais e variações permitidas para conteúdos de unidades de cimento.

Massa Nominal (g)	Variação de massa permitida (g)	Volume Nominal (ml)	Variação de volume permitida (ml)
40,0	$\pm 2,0$	20,0	$\pm 1,0$

(A) Cimento Ósseo Baumer Osteo-Class

Tabela 13: Análise estatística e avaliação da conformidade de massa e volume das amostras de cimento Baumer Osteo-Class.

Cimento	Amostra	Pó		Líquido	
		massa (g)	aval.	vol (ml)	aval.
Baumer Osteo-Class	1	40,0	A	20,0	A
	2	39,7	A	20,2	A
	3	39,6	A	20,2	A
	4	39,9	A	19,9	A
	5	39,7	A	20,0	A
Máximo		40,0		20,2	
Mínimo		39,6		19,9	
Média		39,78		20,06	
Desvio Padrão		0,16		0,13	
Avaliação Final		APROVADO			

A – Aprovado;

R – Reprovado.

(B) Cimento Ortopédico Biomecânica

Tabela 14: Análise estatística e avaliação da conformidade de massa e volume das amostras de cimento Biomecânica.

Cimento	Amostra	Pó		Líquido	
		massa (g)	aval.	vol (ml)	aval.
Biomecânica	1	38,7	A	20,3	A
	2	39,9	A	20,1	A
	3	40,0	A	20,2	A
	4	39,7	A	20,3	A
	5	40,0	A	20,2	A
Máximo		40,0		20,1	
Mínimo		38,7		20,3	
Média		39,66		20,22	
Desvio Padrão		0,55		0,08	
Avaliação Final		APROVADO			

A – Aprovado;

R – Reprovado.

(C) Cimento Cirúrgico Ortopédico CMM

Tabela 15: Análise estatística e avaliação da conformidade de massa e volume das amostras de cimento CMM.

Cimento	Amostra	Pó		Líquido	
		massa (g)	aval.	vol (ml)	aval.
CMM	1	39,5	A	19,8	A
	2	39,9	A	20,0	A
	3	39,4	A	20,1	A
	4	39,9	A	20,1	A
	5	39,7	A	20,0	A
Máximo		39,9 g		20,1 ml	
Mínimo		39,4 g		19,8 ml	
Média		39,68 g		20,00 ml	
Desvio Padrão		0,23		0,12	
Avaliação Final		APROVADO			

A – Aprovado;

R – Reprovado.

(D) Surgical Simplex P, Howmedica

Tabela 16: Análise estatística e avaliação da conformidade de massa e volume das amostras de cimento Howmedica Simplex P.

Cimento	Amostra	Pó		Líquido	
		massa (g)	aval.	vol (ml)	aval.
Howmedica Simplex P	1	40,0	A	20,5	A
	2	39,7	A	20,6	A
	3	40,1	A	20,5	A
	4	40,0	A	20,5	A
	5	40,3	A	20,5	A
Máximo		40,3 g		20,6 ml	
Mínimo		39,7 g		20,5 ml	
Média		40,02 g		20,52 ml	
Desvio Padrão		0,22		0,04	
Avaliação Final		APROVADO			

A – Aprovado;

R – Reprovado.

(E) Biomet Bone Cement R

Tabela 17: Análise estatística e avaliação da conformidade de massa e volume das amostras de cimento Biomet.

Cimento	Amostra	Pó		Líquido	
		massa (g)	aval.	vol (ml)	aval.
Biomet	1	39,6	A	20,5	A
	2	39,8	A	20,6	A
	3	39,8	A	20,2	A
	4	39,6	A	20,6	A
	5	39,7	A	20,6	A
Máximo		39,8 g		20,6 ml	
Mínimo		39,6 g		20,2 ml	
Média		39,70 g		20,50 ml	
Desvio Padrão		0,10		0,17	
Avaliação Final		APROVADO			

A – Aprovado;

R – Reprovado.

4.3.

Estabilidade do componente líquido

Registrou-se o tempo de escoamento de cada amostra antes do aquecimento (t_a) e depois do aquecimento (t_b) e calculou-se a variação percentual Δt . Os resultados e avaliação das amostras são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Avaliação dos resultados dos ensaios de estabilidade do líquido.

Cimento	Amostra	t_a (s)	t_b (s)	Δt (%)	Avaliação
Baumer Osteo-Class	1	167,0	178,9	7,13	A
	2	166,4	176,3	5,95	A
Biomecânica	1	168,8	185,4	9,83	A
	2	167,0	182,9	9,52	A
CMM	1	172,8	177,1	2,49	A
	2	178,5	182,5	2,24	A
Howmedica Simplex P	1	172,4	178,1	3,31	A
	2	172,1	177,2	2,96	A
Biomet	1	178,5	181,6	1,74	A
	2	172,2	181,5	5,40	A

A – Aprovado;

R – Reprovado.

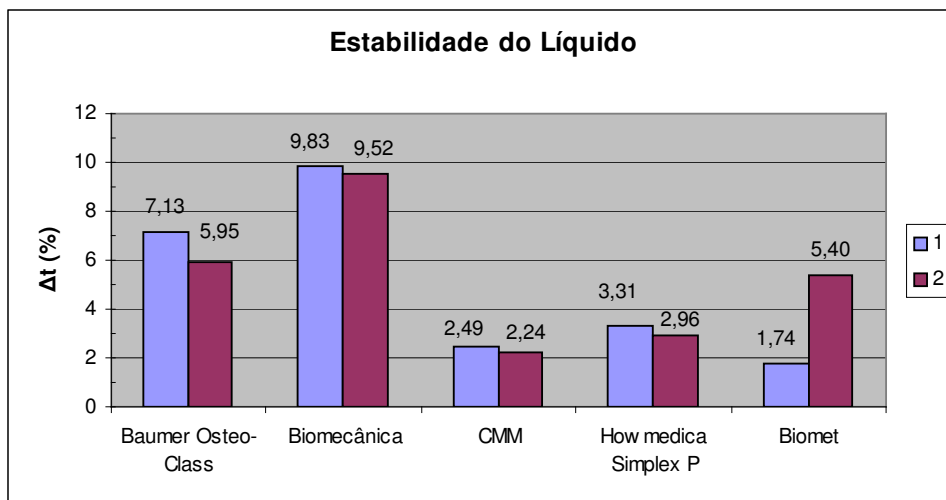


Figura 35: Análise comparativa dos resultados dos ensaios de Estabilidade do Líquido.

4.4.

Tempo de formação de massa

Calculou-se o tempo médio de preparação da mistura nas duas determinações realizadas para cada marca de cimento. O resultado foi arredondado para o múltiplo de 15 segundos mais próximo e expresso como o tempo médio de preparação da mistura. Verificou-se também o módulo de diferença entre os tempos das duas amostras. Os resultados são apresentados nas Tabelas 19, 20, 21, 22 e 23.

(A) Cimento Ósseo Baumer Osteo-Class

Tabela 19: Análise estatística e avaliação dos resultados do tempo de formação de massa das unidades de cimento Baumer Osteo-Class.

Cimento	Amostra	Tempo de formação de massa (s)
Baumer Osteo-Class	1	165,0
	2	165,0
Diferença entre 1 e 2		0
Média		165,0
Arredondado (15s)		165,0
Tempo final		2' 45"
Avaliação		APROVADO

(B) Cimento Ortopédico Biomecânica

Tabela 20: Análise estatística e avaliação dos resultados do tempo de formação de massa das unidades de cimento Biomecânica.

Cimento	Amostra	Tempo de formação de massa (s)
Biomecânica	1	210,0
	2	225,0
Diferença entre 1 e 2		15
Média		217,5
Arredondado (15s)		225,0
Tempo final		3' 45"
Avaliação		APROVADO

(C) Cimento Cirúrgico Ortopédico CMM

Tabela 21: Análise estatística e avaliação dos resultados do tempo de formação de massa das unidades de cimento CMM.

Cimento	Amostra	Tempo de formação de massa (s)
CMM	1	120,0
	2	120,0
Diferença entre 1 e 2		0
Média		120,0
Arredondado (15s)		120,0
Tempo final		2' 00"
Avaliação		APROVADO

(D) Surgical Simplex P, Howmedica

Tabela 22: Análise estatística e avaliação dos resultados do tempo de formação de massa das unidades de cimento Howmedica Simplex P.

Cimento	Amostra	Tempo de formação de massa (s)
Howmedica Simplex P	1	285,0
	2	285,0
Diferença entre 1 e 2		0
Média		285,0
Arredondado (15s)		285,0
Tempo final		4'45"
Avaliação		APROVADO

(E) Biomet Bone Cement R

Tabela 23: Análise estatística e avaliação dos resultados do tempo de formação de massa das unidades de cimento Biomet.

Cimento	Amostra	Tempo de formação de massa (s)
Biomet	1	285,0
	2	300,0
Diferença entre 1 e 2		15
Média		292,5
Arredondado (15s)		300,0
Tempo final		5' 00"
Avaliação		APROVADO

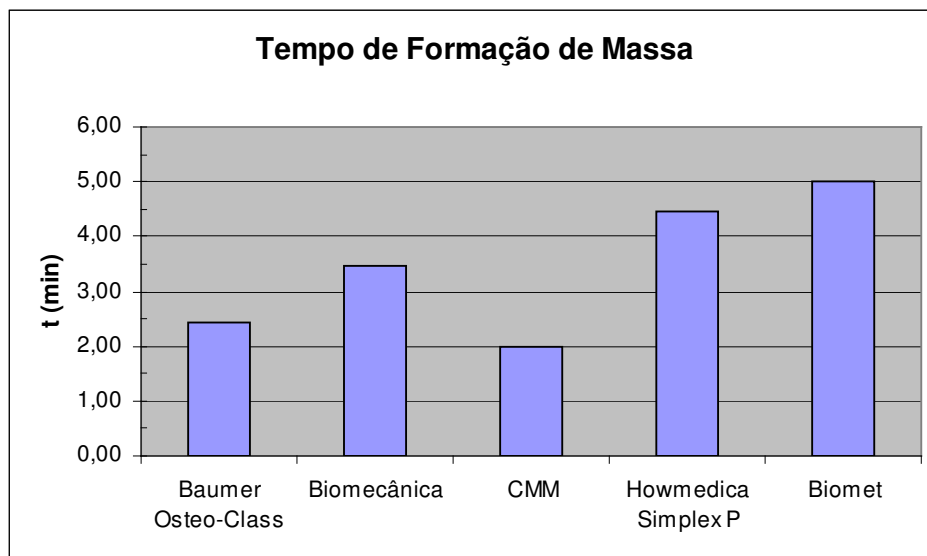


Figura 36: Análise comparativa dos resultados dos ensaios de Tempo de Formação de Massa.

4.5. Temperatura máxima e Tempo de colocação

Para cada unidade de cimento representou-se graficamente a temperatura em função do tempo (Figuras 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 e 46) e registrou-se como a temperatura máxima para amostra a maior temperatura atingida, arredondada com exatidão de 1°C. Calculou-se o valor médio para as duas

determinações e o resultado foi arredondado com uma exatidão de 1°C (arredondando valores de $0,5^{\circ}\text{C}$ para cima), sendo este valor registrado como a temperatura máxima final. Os resultados são apresentados nas Tabelas 24, 26, 28, 30 e 32.

O tempo de colocação (t_{col}) para cada unidade de cimento foi determinado a partir do gráfico temperatura *versus* tempo, medido a partir do começo da mistura até que a temperatura da massa em polimerização atingisse a temperatura de colocação (T_{col}). Registrou-se o valor de t_{col} para o mais próximo múltiplo de 5 segundos. Calculou-se o valor médio para as duas determinações, arredondando o resultado para o mais próximo múltiplo de 15 segundos, expressando este valor como o tempo final de colocação. Os resultados são apresentados nas Tabelas 25, 27, 29, 31 e 33.

(A) Cimento Ósseo Baumer Osteo-Class

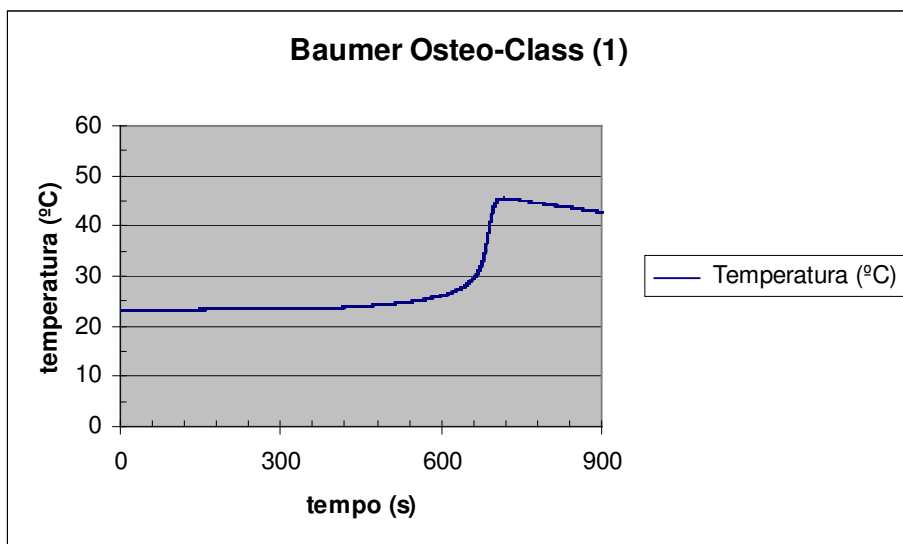


Figura 37: Curva temperatura *versus* tempo de unidade de cimento da marca Baumer Osteo-Class (amostra 1).

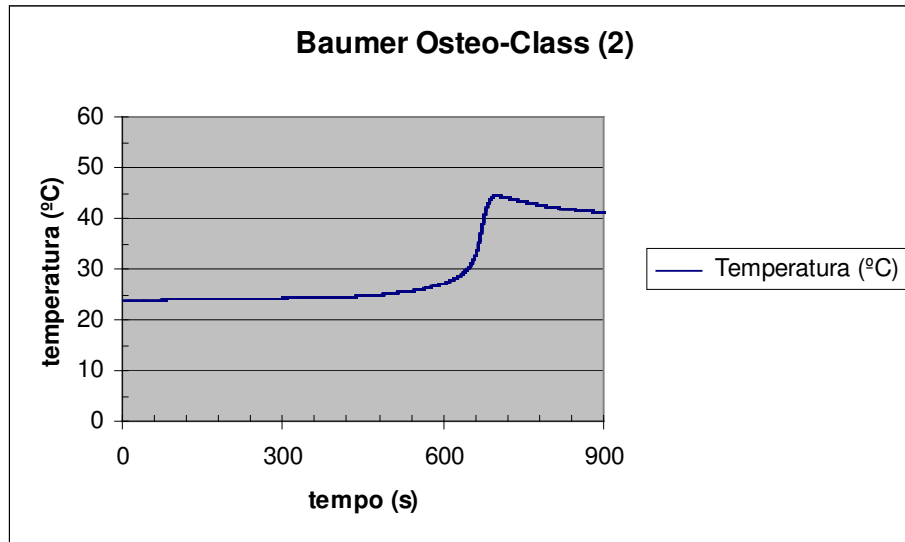


Figura 38: Curva temperatura *versus* tempo de unidade de cimento da marca Baumer Osteo-Class (amostra 2).

Tabela 24: Avaliação da Temperatura máxima (Baumer Osteo-Class).

Cimento	Amostra	Temperatura máxima (°C)
Baumer Osteo-Class	1	46,0
	2	44,0
Diferença entre 1 e 2		2,0
Média		45,0
Temperatura máxima final (arredondado)		45,0
Avaliação		APROVADO

Temperatura de colocação:

Amostra 1:

$$T_{col} = \frac{T_{max} + T_{amb}}{2} = \frac{46 + 23,1}{2} = 34,6^{\circ}C \quad (4.1)$$

Amostra 2:

$$T_{col} = \frac{T_{max} + T_{amb}}{2} = \frac{44 + 23,6}{2} = 33,8^{\circ}C \quad (4.2)$$

Tabela 25: Avaliação do Tempo de colocação (Baumer Osteo-Class).

Cimento	Amostra	Tempo de colocação (s)
Baumer	1	680,0
Osteo-Class	2	665,0
Diferença entre 1 e 2		15
Média		672,5
Arredondado (15s)		675,0
Tempo de colocação final		11'15"
Avaliação		APROVADO

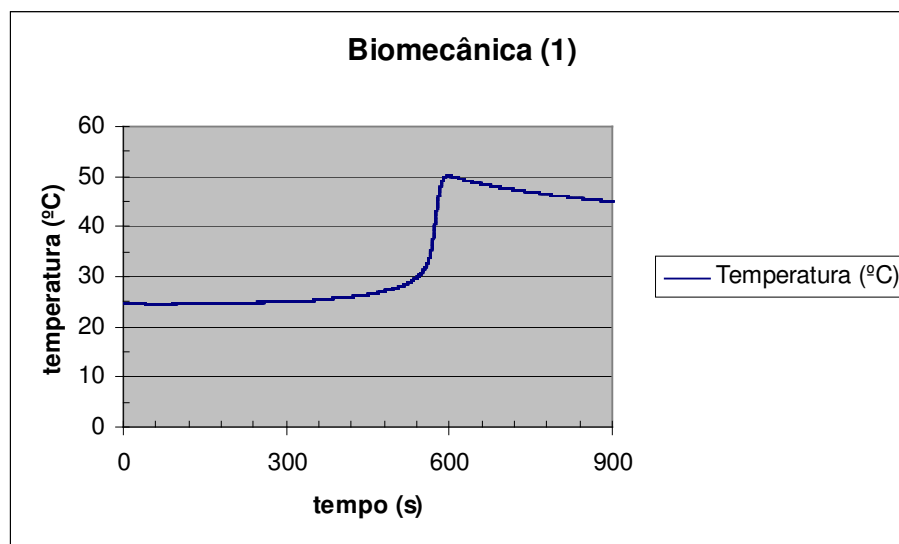
(B) Cimento Ortopédico Biomecânica

Figura 39: Curva temperatura versus tempo de unidade de cimento da marca Biomecânica (amostra 1).

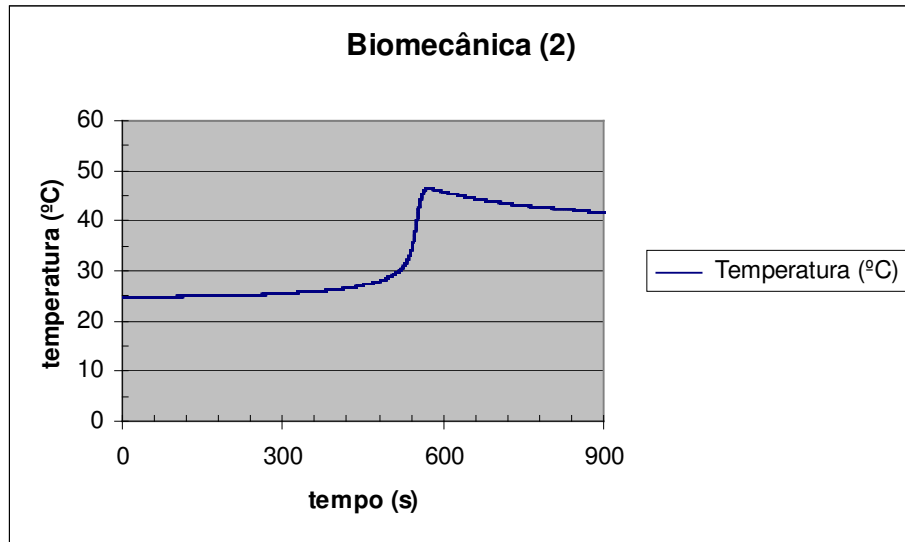


Figura 40: Curva temperatura *versus* tempo de unidade de cimento da marca Biomecânica (amostra 2).

Tabela 26: Avaliação da Temperatura máxima (Biomecânica).

Cimento	Amostra	Temperatura máxima (°C)
Biomecânica	1	50,0
	2	47,0
Diferença entre 1 e 2		2,0
Média		48,3
Temperatura máxima final (arredondado)		48,0
Avaliação		APROVADO

Temperatura de colocação:

Amostra 1:

$$T_{col} = \frac{T_{max} + T_{amb}}{2} = \frac{50 + 24,5}{2} = 37,3^{\circ}C \quad (4.3)$$

Amostra 2:

$$T_{col} = \frac{T_{max} + T_{amb}}{2} = \frac{47 + 24,8}{2} = 35,9^{\circ}C \quad (4.4)$$

Tabela 27: Avaliação do Tempo de colocação (Biomecânica).

Cimento	Amostra	Tempo de colocação (s)
Biomecânica	1	570
	2	545
Diferença entre 1 e 2		25
Média		557,5
Arredondado (15s)		555
Tempo de colocação final		9' 15"
Avaliação		APROVADO

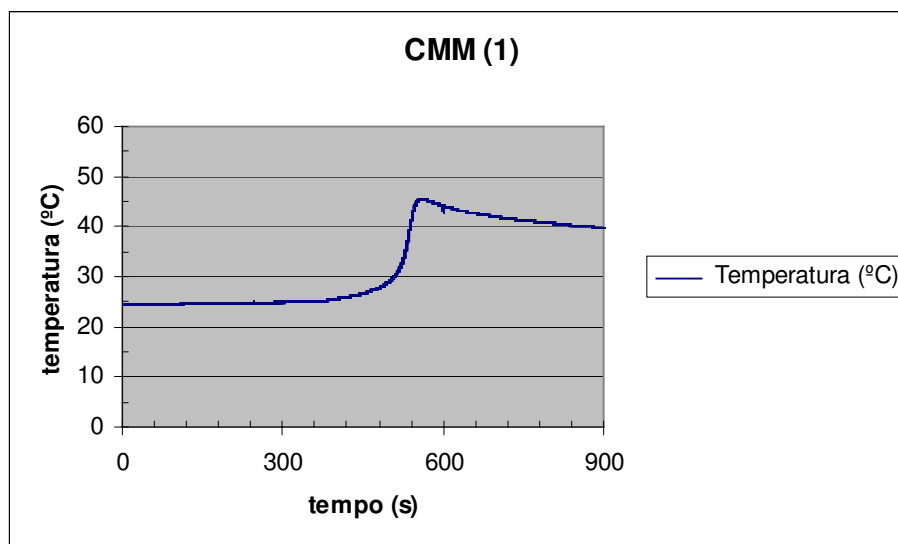
(C) Cimento Cirúrgico Ortopédico CMM

Figura 41: Curva temperatura versus tempo de unidade de cimento da marca CMM (amostra 1).

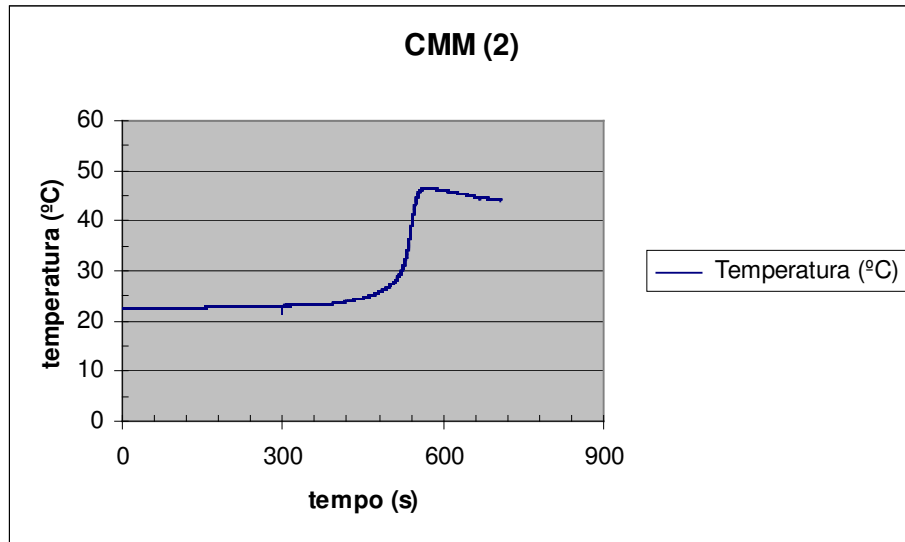


Figura 42: Curva temperatura *versus* tempo de unidade de cimento da marca CMM (amostra 2).

Tabela 28: Avaliação da Temperatura máxima (CMM).

Cimento	Amostra	Temperatura máxima (°C)
CMM	1	45,0
	2	47,0
Diferença entre 1 e 2		2,0
Média		46,0
Temperatura máxima final (arredondado)		46,0
Avaliação		APROVADO

Temperatura de colocação:

Amostra 1:

$$T_{col} = \frac{T_{\max} + T_{amb}}{2} = \frac{45 + 24,3}{2} = 34,7^{\circ}C \quad (4.5)$$

Amostra 2:

$$T_{col} = \frac{T_{\max} + T_{amb}}{2} = \frac{47 + 22,4}{2} = 34,7^{\circ}C \quad (4.6)$$

Tabela 29: Avaliação do Tempo de colocação (CMM).

Cimento	Amostra	Tempo de colocação (s)
CMM	1	530
	2	535
Diferença entre 1 e 2		5
Média		532,5
Arredondado (15s)		540
Tempo de colocação final		9'00"
Avaliação		APROVADO

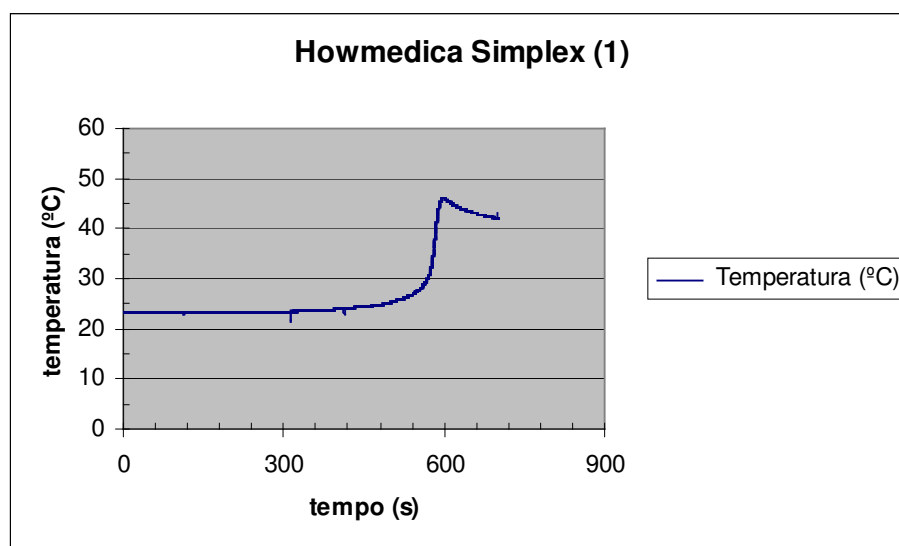
(D) Surgical Simplex P, Howmedica

Figura 43: Curva temperatura versus tempo de unidade de cimento da marca Howmedica Simplex P (amostra 1).

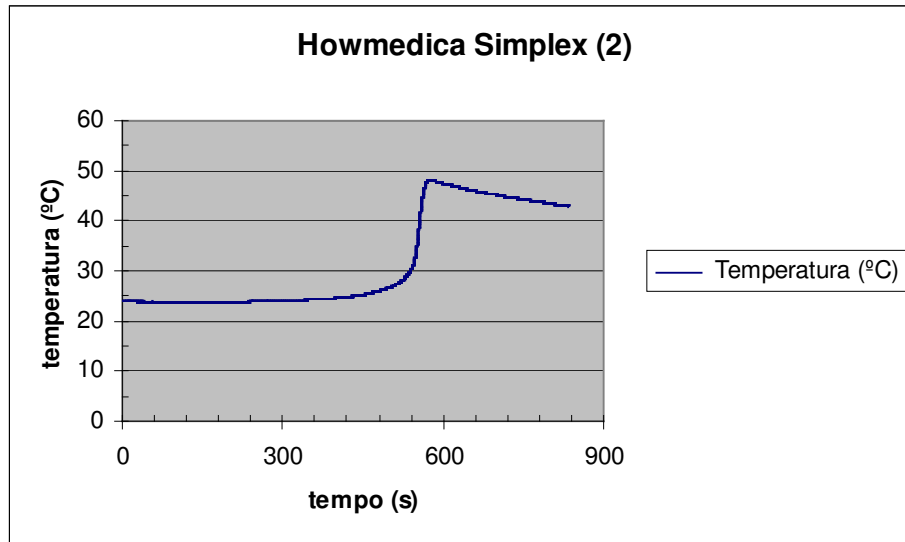


Figura 44: Curva temperatura *versus* tempo de unidade de cimento da marca Howmedica Simplex P (amostra 2).

Tabela 30: Avaliação da Temperatura máxima (Howmedica Simplex P).

Cimento	Amostra	Temperatura máxima (°C)
Howmedica Simplex P	1	46,0
	2	48,0
Diferença entre 1 e 2		2,0
Média		47,0
Temperatura máxima final (arredondado)		47,0
Avaliação		APROVADO

Temperatura de colocação:

Amostra 1:

$$T_{col} = \frac{T_{max} + T_{amb}}{2} = \frac{46 + 23,1}{2} = 34,6^{\circ}C \quad (4.7)$$

Amostra 2:

$$T_{col} = \frac{T_{max} + T_{amb}}{2} = \frac{48 + 23,5}{2} = 35,8^{\circ}C \quad (4.8)$$

Tabela 31: Avaliação do Tempo de colocação (Howmedica Simplex P).

Cimento	Amostra	Tempo de colocação (s)
Howmedica Simplex P	1	580
	2	550
Diferença entre 1 e 2		30
Média		565,0
Arredondado (15s)		570
Tempo de colocação final		9'30"
Avaliação		APROVADO

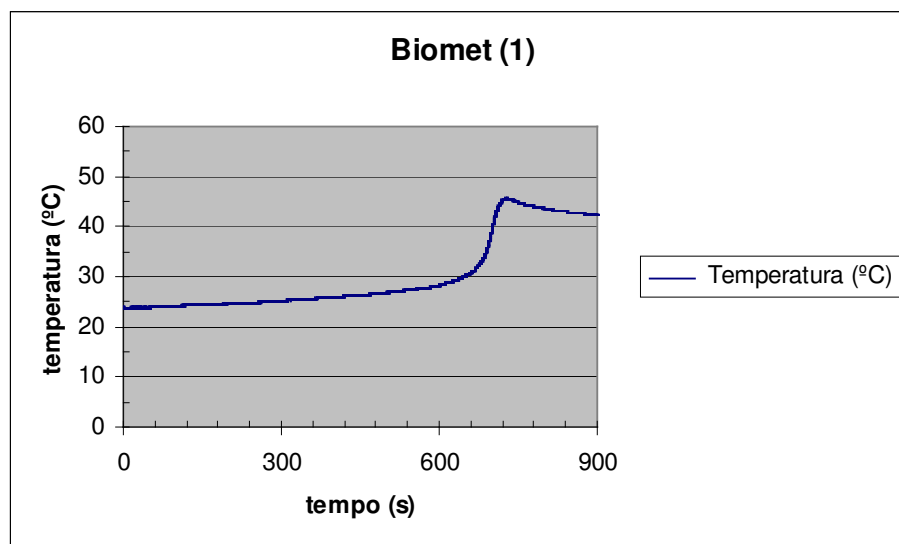
(E) Biomet Bone Cement R

Figura 45: Curva temperatura versus tempo de unidade de cimento da marca Biomet (amostra 1).

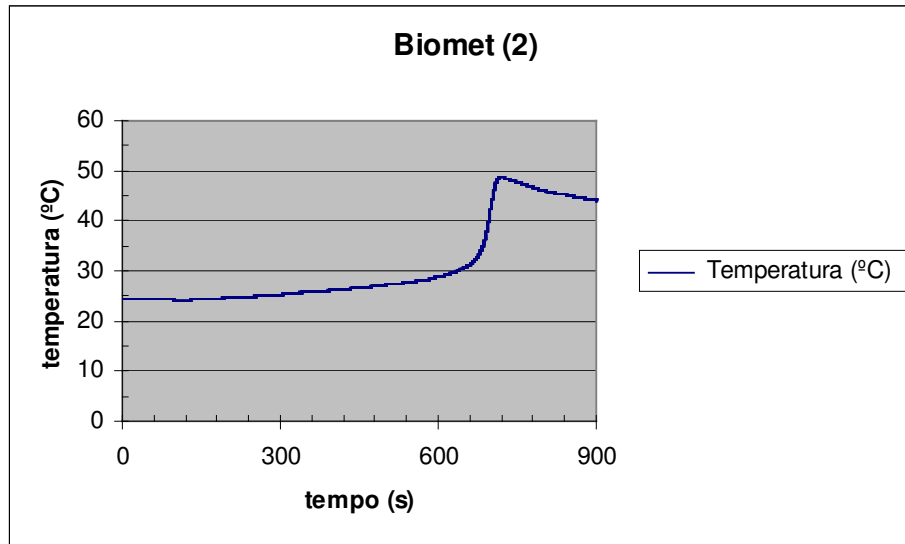


Figura 46: Curva temperatura *versus* tempo de unidade de cimento da marca Biomet (amostra 2).

Tabela 32: Avaliação da Temperatura máxima (Biomet).

Cimento	Amostra	Temperatura máxima (°C)
Biomet	1	46,0
	2	49,0
Diferença entre 1 e 2		3,0
Média		47,2
Temperatura máxima final (arredondado)		47,0
Avaliação		APROVADO

Temperatura de colocação:

Amostra 1:

$$T_{col} = \frac{T_{max} + T_{amb}}{2} = \frac{46 + 23,8}{2} = 34,9^{\circ}C \quad (4.9)$$

Amostra 2:

$$T_{col} = \frac{T_{max} + T_{amb}}{2} = \frac{49 + 24,1}{2} = 36,6^{\circ}C \quad (4.10)$$

Tabela 33: Avaliação do Tempo de colocação (Biomet).

Cimento	Amostra	Tempo de colocação (s)
Biomet	1	690
	2	690
Diferença entre 1 e 2		0
Média		690,0
Arredondado (15s)		690
Tempo de colocação final		11'30"
Avaliação		APROVADO

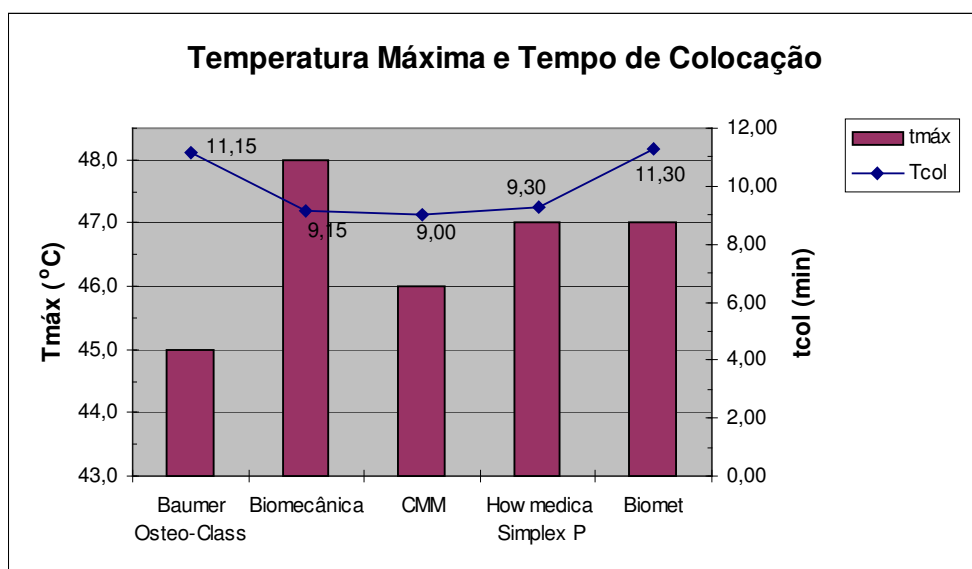


Figura 47: Análise comparativa dos resultados dos ensaios de Temperatura Máxima e Tempo de Colocação.

4.6. Intrusão

Calculou-se a média dos comprimentos de intrusão nos quatro furos do molde, para cada unidade de cimento, expressando o resultado pelo mais próximo múltiplo de 0,5 mm (Tabela 34). No caso de reprovação, o ensaio foi repetido para uma segunda amostra, e os resultados expressos na Tabela 35.

Tabela 34: Avaliação do ensaio de intrusão para unidades de cimento (Amostra 1).

Amostra 1							
Cimento	Intrusão furos (mm)				Média (mm)	Média final (mm)	Avaliação
	1	2	3	4			
Baumer Osteo-Class	5,04	4,11	4,97	4,53	4,66	4,5	A
Biomecânica	1,20	3,15	2,06	2,38	2,20	2,0	A
CMM	0,80	1,63	0,67	0,75	0,84	1,0	R
Howmedica Simplex P	3,27	3,46	3,22	3,36	3,33	3,5	A
Biomet	1,62	0,92	1,74	1,37	1,41	1,5	R

A – Aprovado;

R – Reprovado.

Tabela 35: Avaliação do ensaio de intrusão para unidades de cimento (Amostra 2).

Amostra 2							
Cimento	Intrusão furos (mm)				Média (mm)	Média final (mm)	Avaliação
	1	2	3	4			
Baumer Osteo-Class	–	–	–	–	–	–	A
Biomecânica	–	–	–	–	–	–	A
CMM	0,65	0,90	0,71	0,85	0,78	1,0	R
Howmedica Simplex P	–	–	–	–	–	–	A
Biomet	1,43	0,60	0,41	0,46	0,73	0,5	R

A – Aprovado;

R – Reprovado.

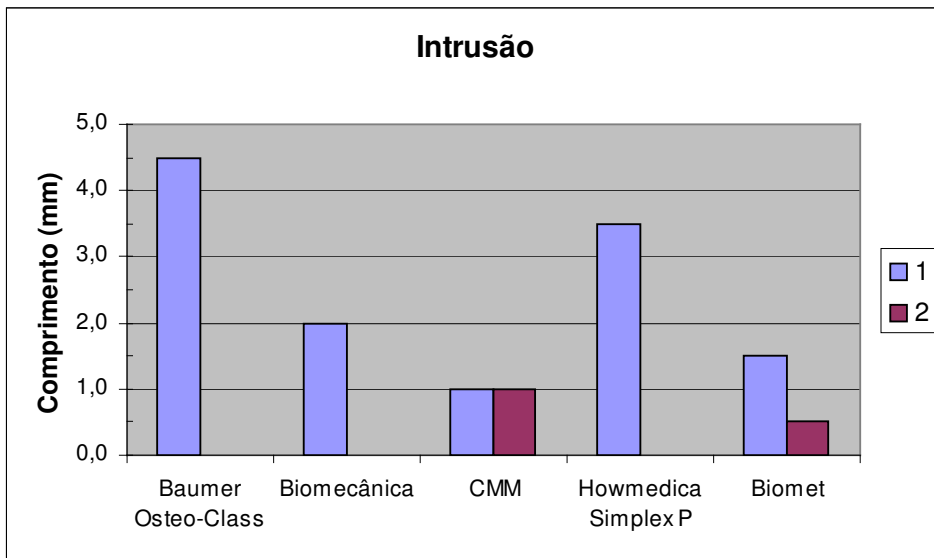


Figura 48: Análise comparativa dos resultados dos ensaios de Intrusão.

4.7. Resistência à compressão

Registraram-se as alturas de cada cilindro de uma unidade de cimento. Calcularam-se os diâmetros médios para cada amostra, realizando duas medidas ao longo das seções transversais inferior, média e superior do cilindro, com uma exatidão de 0,01 mm (Tabelas 36, 38, 40, 42 e 44).

Registraram-se as forças aplicadas para causar fratura ou a carga correspondente a 2% de deformação permanente (limite superior de escoamento), qual ocorresse primeiro. Os gráficos de força *versus* deslocamento correspondentes são apresentado no Apêndice 1. Calculou-se a tensão média dos cinco cilindros, expressando este resultado como o valor de resistência à compressão final para cada marca. Os resultados são apresentados nas Tabelas 37, 39, 41, 43 e 45.

(A) Cimento Ósseo Baumer Osteo-Class

Tabela 36: Dimensões dos cilindros das amostras de cimento Baumer Osteo-Class.

Cimento	N	H (mm)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D ₃ (mm)	D ₄ (mm)	D ₅ (mm)	D ₆ (mm)	D _m (mm)
Baumer Osteo-Class	1	12,06	5,96	5,97	5,96	5,98	5,97	5,96	5,97
	2	11,97	5,96	5,98	5,98	5,98	5,98	5,97	5,98
	3	11,95	5,86	5,97	5,89	5,96	5,97	5,96	5,94
	4	11,95	5,90	5,87	5,96	5,95	5,97	5,97	5,94
	5	12,00	5,95	5,96	5,95	5,96	5,90	5,94	5,94

N – número da amostra;

D₅,D₆ - diâmetros medidos na seção

H – altura do cilindro;

superior do cilindro;

D₁,D₂ – diâmetros medidos na seção
inferior do cilindro;D_m – diâmetro médio da amostra.D₃,D₄ – diâmetros medidos na seção
média do cilindro;

Tabela 37: Análise e avaliação dos dados de ensaios de resistência à compressão de unidade de cimento Baumer Osteo-Class.

Cimento	Amostra	Área (mm ²)	Força de ruptura ou Força no limite de escoam. (2%) (N)	Tensão (MPa)
Baumer Osteo-Class	1	27,9610	2262	80,9
	2	28,0392	2392	85,3
	3	27,6650	2195	79,3
	4	27,6806	2173	78,5
	5	27,7428	2243	80,8
Média				81,0
Desvio Padrão				2,63
Avaliação: APROVADO				

(B) Cimento Ortopédico Biomecânica

Tabela 38: Dimensões dos cilindros das amostras de cimento Biomecânica.

Cimento	N	H (mm)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D ₃ (mm)	D ₄ (mm)	D ₅ (mm)	D ₆ (mm)	D _m (mm)
Biomecânica	1	12,09	5,98	5,97	5,97	5,97	5,98	5,98	5,98
	2	12,06	5,97	5,98	5,97	5,96	5,98	6,00	5,98
	3	11,99	5,97	5,95	5,96	5,9	5,96	5,91	5,94
	4	12,08	5,96	5,95	5,95	5,94	5,96	5,97	5,96
	5	11,97	5,95	5,95	5,96	5,95	5,96	5,95	5,95

N – número da amostra;

D₅,D₆ - diâmetros medidos na seção

H – altura do cilindro;

superior do cilindro;

D₁,D₂ – diâmetros medidos na seção inferior do cilindro;D_m – diâmetro médio da amostra.D₃,D₄ – diâmetros medidos na seção média do cilindro;

Tabela 39: Análise e avaliação dos dados de ensaios de resistência à compressão de unidade de cimento Biomecânica.

Cimento	Amostra	Área (mm ²)	Força de ruptura ou Força no limite de escoam. (2%) (N)	Tensão (MPa)
Biomecânica	1	28,0392	2493	88,9
	2	28,0549	2718	96,9
	3	27,7272	2677	96,5
	4	27,8518	2639	94,8
	5	27,8362	2682	96,3
Média				94,7
Desvio Padrão				3,33
Avaliação: APROVADO				

(C) Cimento Cirúrgico Ortopédico CMM

Tabela 40: Dimensões dos cilindros das amostras de cimento CMM.

Cimento	N	H (mm)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D ₃ (mm)	D ₄ (mm)	D ₅ (mm)	D ₆ (mm)	D _m (mm)
CMM	1	12,03	5,96	5,97	5,97	5,97	5,97	5,96	5,97
	2	11,91	5,97	5,96	5,98	5,96	5,96	5,98	5,97
	3	12,04	5,99	5,98	5,98	5,98	5,97	5,98	5,98
	4	11,94	5,97	5,96	5,97	5,96	5,98	5,97	5,97
	5	11,97	5,98	5,96	5,97	5,98	5,98	5,97	5,97

N – número da amostra;

D₅,D₆ - diâmetros medidos na seção

H – altura do cilindro;

superior do cilindro;

D₁,D₂ – diâmetros medidos na seção
inferior do cilindro;D_m – diâmetro médio da amostra.D₃,D₄ – diâmetros medidos na seção
média do cilindro;

Tabela 41: Análise e avaliação dos dados de ensaios de resistência à compressão de unidade de cimento CMM.

Cimento	Amostra	Área (mm ²)	Força de ruptura ou Força no limite de escoam. (2%) (N)	Tensão (MPa)
CMM	1	27,9610	2186	78,2
	2	27,9767	2212	79,1
	3	28,0862	2277	81,1
	4	27,9767	2250	80,4
	5	28,0236	2291	81,8
Média				80,1
Desvio Padrão				1,46
Avaliação: APROVADO				

(D) Surgical Simplex P, Howmedica

Tabela 42: Dimensões dos cilindros das amostras de cimento Howmedica Simplex P.

Cimento	N	H (mm)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D ₃ (mm)	D ₄ (mm)	D ₅ (mm)	D ₆ (mm)	D _m (mm)
Howmedica Simplex P	1	12,07	5,94	5,96	5,96	5,94	5,97	5,96	5,96
	2	12,04	5,97	5,96	5,94	5,91	5,96	5,97	5,95
	3	11,95	5,98	5,97	5,98	5,93	5,82	5,93	5,94
	4	12	5,96	5,97	5,85	5,96	5,96	5,85	5,93
	5	12,03	5,97	5,96	5,97	5,97	5,87	5,99	5,96

N – número da amostra;

D₅,D₆ - diâmetros medidos na seção

H – altura do cilindro;

superior do cilindro;

D₁,D₂ – diâmetros medidos na seção
inferior do cilindro;D_m – diâmetro médio da amostra.D₃,D₄ – diâmetros medidos na seção
média do cilindro;

Tabela 43: Análise e avaliação dos dados de ensaios de resistência à compressão de unidade de cimento Howmedica Simplex P.

Cimento	Amostra	Área (mm ²)	Força de ruptura ou Força no limite de escoam. (2%) (N)	Tensão (MPa)
Howmedica Simplex P	1	27,8518	2488	89,3
	2	27,8206	2493	89,6
	3	27,6650	2409	87,1
	4	27,5719	2344	85,0
	5	27,8518	2447	87,9
Média				87,8
Desvio Padrão				1,86
Avaliação: APROVADO				

(E) Biomet Bone Cement R

Tabela 44: Dimensões dos cilindros das amostras de cimento Biomet.

Cimento	N	H (mm)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D ₃ (mm)	D ₄ (mm)	D ₅ (mm)	D ₆ (mm)	D _m (mm)
Biomet	1	12,05	5,97	5,97	5,98	5,96	5,98	5,98	5,97
	2	12,08	5,98	5,99	5,98	5,98	5,96	5,98	5,98
	3	12	5,98	5,97	5,98	5,97	5,97	5,98	5,98
	4	12,08	5,96	5,98	5,97	5,97	5,98	5,97	5,97
	5	12,05	5,98	5,97	5,97	5,97	5,97	5,97	5,97

N – número da amostra;

D₅,D₆ - diâmetros medidos na seção

H – altura do cilindro;

superior do cilindro;

D₁,D₂ – diâmetros medidos na seção inferior do cilindro;D_m – diâmetro médio da amostra.D₃,D₄ – diâmetros medidos na seção média do cilindro;

Tabela 45: Análise e avaliação dos dados de ensaios de resistência à compressão de unidade de cimento Biomet.

Cimento	Amostra	Área (mm ²)	Força de ruptura ou Força no limite de escoam. (2%) (N)	Tensão (MPa)
Biomet	1	28,0236	2272	81,1
	2	28,0705	2370	84,4
	3	28,0392	2462	87,8
	4	28,0079	2402	85,8
	5	28,0079	2423	86,5
Média				85,1
Desvio Padrão				2,57
Avaliação: APROVADO				

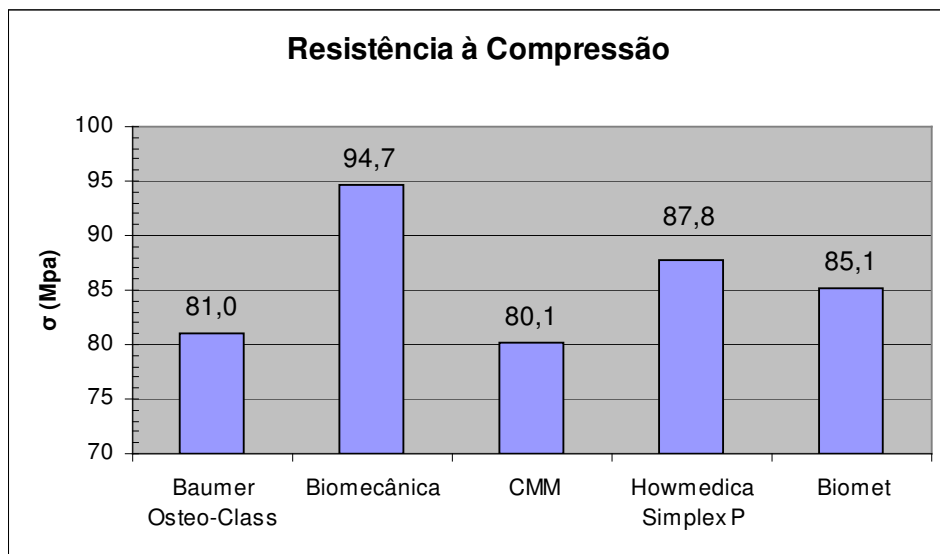


Figura 49: Análise comparativa dos resultados dos ensaios de Resistência à Compressão.

4.8. Resistência e Módulo de flexão

Foram medidas a espessura e a largura das amostras com uma exatidão de 0,1 mm, fazendo leitura em pelo menos três seções transversais de cada amostra e calculados os valores médios das dimensões. Registraram-se os tempos que ocorreram quando aplicadas forças de 15 N e 50 N, e a partir deste resultado obtidas as deflexões correspondentes, expressando-as pelo mais próximo múltiplo de 0,05 mm. Calcularam-se as deflexões finais para cada amostra. Tais medidas e resultados são apresentados nas Tabelas 46, 48, 50, 52 e 54.

Mediram-se as forças de ruptura de cada amostra. Nos casos em que não houve ruptura, registrou-se a força de pico que antecede o escorregamento da amostra. Tais medidas foram expressas pelo mais próximo múltiplo de 0,5 N.

Para o resultado do módulo de flexão, calculou-se o valor médio das cinco amostras ensaiadas para cada marca, expressos em megapascals.

Da mesma maneira, calculou-se para cada marca, o valor médio de resistência à flexão das cinco amostras ensaiadas, expressando este resultado como a resistência à flexão final.

As representações gráficas das curvas de força *versus* deslocamento são apresentadas no Apêndice 2 e os resultados finais nas Tabelas 47, 49, 51, 53 e 55.

(A) Cimento Ósseo Baumer Osteo-Class

Tabela 46: Dimensões médias, tempos e deflexões relativos a 15 N e 50 N e deflexão final das amostras de unidade de cimento Baumer Osteo-Class.

Cimento	Amostra	b_m (mm)	h_m (mm)	t_{15} (s)	t_{50} (s)	f_{15} (mm)	f_{50} (mm)	f (mm)
Baumer Osteo-Class	1	10,0	3,4	3,32	5,17	21,33	40,36	1,85
	2	9,9	3,4	3,07	4,98	21,20	41,13	1,91
	3	9,8	3,4	3,30	5,19	23,03	41,83	1,89
	4	9,9	3,4	3,18	4,96	21,50	39,26	1,78
	5	9,8	3,4	3,54	5,21	22,67	41,86	1,67

b_m – largura média;

h_m – espessura média;

t_{15} – tempo registrado quando a força atingiu 15 N;

t_{50} – tempo registrado quando a força atingiu 50 N;

f_{15} – deflexão registrada quando a força atingiu 15 N;

f_{50} – deflexão registrada quando a força atingiu 50 N;

f – deflexão final (diferença entre f_{15} e f_{50}).

Tabela 47: Resultados e avaliação dos ensaios de módulo e resistência à flexão da unidade de cimento Baumer Osteo-Class.

Cimento	Amostra	Força (N)	E (MPa)	B (MPa)
Baumer Osteo-Class	1	110,5*	2298,3	58,9476
	2	122,0*	2231,7	65,3743
	3	115,5*	2300,7	62,8902
	4	119,5	2375,2	63,7019
	5	105,0	2633,1	57,5875
Média		114,5	2367,8	61,7
Desvio Padrão		6,86	156,76	3,29
Avaliação		APROVADO		

E – módulo de flexão;

B – resistência à flexão;

*valor de pico (não houve ruptura).

(B) Cimento Ortopédico Biomecânica

Tabela 48: Dimensões médias, tempos e deflexões relativos a 15 N e 50 N e deflexão final das amostras de unidade de cimento Biomecânica.

Cimento	Amostra	b_m (mm)	h_m (mm)	t_{15} (s)	t_{50} (s)	f_{15} (mm)	f_{50} (mm)	f (mm)
Biomecânica	1	10,0	3,4	3,69	5,49	20,77	43,70	1,80
	2	9,8	3,4	3,27	4,99	24,67	45,00	1,72
	3	9,8	3,4	3,11	4,81	20,53	39,40	1,70
	4	9,8	3,4	3,24	5,09	20,23	39,90	1,85
	5	9,8	3,4	3,11	4,84	18,00	35,33	1,73

b_m – largura média;

h_m – espessura média;

t_{15} – tempo registrado quando a força atingiu 15 N;

t_{50} – tempo registrado quando a força atingiu 50 N;

f_{15} – deflexão registrada quando a força atingiu 15 N;

f_{50} – deflexão registrada quando a força atingiu 50 N;

f – deflexão final (diferença entre f_{15} e f_{50}).

Tabela 49: Resultados e avaliação dos ensaios de módulo e resistência à flexão da unidade de cimento Biomecânica.

Cimento	Amostra	Força (N)	E (MPa)	B (MPa)
Biomecânica	1	107,5	2423,6	58,3183
	2	123,5*	2453,1	65,8944
	3	121,0	2422,2	63,6209
	4	115,5	2370,9	63,3115
	5	121,5*	2402,3	64,2272
Média		117,8	2414,4	63,1
Desvio Padrão		6,48	30,34	2,84
Avaliação		APROVADO		

E – módulo de flexão;

B – resistência à flexão;

*valor de pico (não houve ruptura).

(C) Cimento Cirúrgico Ortopédico CMM

Tabela 50: Dimensões médias, tempos e deflexões relativos a 15 N e 50 N e deflexão final das amostras de unidade de cimento CMM.

Cimento	Amostra	b_m (mm)	h_m (mm)	t_{15} (s)	t_{50} (s)	f_{15} (mm)	f_{50} (mm)	f (mm)
CMM	1	9,9	3,4	3,65	5,70	26,47	46,43	2,05
	2	9,7	3,4	3,49	5,55	22,37	43,06	2,06
	3	9,7	3,3	3,50	5,71	26,63	49,36	2,21
	4	9,6	3,3	3,46	5,58	21,63	43,46	2,12
	5	9,7	3,3	3,57	5,73	20,73	44,13	2,16

b_m – largura média;

h_m – espessura média;

t_{15} – tempo registrado quando a força atingiu 15 N;

t_{50} – tempo registrado quando a força atingiu 50 N;

f_{15} – deflexão registrada quando a força atingiu 15 N;

f_{50} – deflexão registrada quando a força atingiu 50 N;

f – deflexão final (diferença entre f_{15} e f_{50}).

Tabela 51: Resultados e avaliação dos ensaios de módulo e resistência à flexão da unidade de cimento CMM.

Cimento	Amostra	Força (N)	E (MPa)	B (MPa)
CMM	1	104,0*	2139,6	56,7826
	2	99,5*	2155,1	55,0959
	3	89,0*	2113,1	50,9661
	4	92,5*	2164,8	52,5281
	5	88,0*	2210,5	51,1100
Média		94,6	2156,6	53,3
Desvio Padrão		6,92	35,92	2,56
Avaliação		APROVADO		

E – módulo de flexão;

B – resistência à flexão;

*valor de pico (não houve ruptura).

(D) Surgical Simplex P, Howmedica

Tabela 52: Dimensões médias, tempos e deflexões relativos a 15 N e 50 N e deflexão final das amostras de unidade de cimento Howmedica Simplex P.

Cimento	Amostra	b_m (mm)	h_m (mm)	t_{15} (s)	t_{50} (s)	f_{15} (mm)	f_{50} (mm)	f (mm)
Howmedica Simplex P	1	9,9	3,3	2,97	4,58	20,27	35,26	1,61
	2	9,8	3,3	9,25	11,09	25,10	43,43	1,84
	3	9,7	3,3	9,95	11,75	21,00	38,83	1,80
	4	9,8	3,4	9,51	11,27	17,47	33,96	1,76
	5	9,8	3,3	10,13	11,91	20,67	38,46	1,78

b_m – largura média;

h_m – espessura média;

t_{15} – tempo registrado quando a força atingiu 15 N;

t_{50} – tempo registrado quando a força atingiu 50 N;

f_{15} – deflexão registrada quando a força atingiu 15 N;

f_{50} – deflexão registrada quando a força atingiu 50 N;

f – deflexão final (diferença entre f_{15} e f_{50}).

Tabela 53: Resultados e avaliação dos ensaios de módulo e resistência à flexão da unidade de cimento Howmedica Simplex P.

Cimento	Amostra	Força (N)	E (MPa)	B (MPa)
Howmedica Simplex P	1	111,0	2781,1	61,4984
	2	104,5	2569,5	60,0959
	3	89,5	2617,0	51,4910
	4	90,5	2483,7	49,4389
	5	99,5	2587,5	56,3652
Média		99,0	2607,7	55,8
Desvio Padrão		9,18	108,86	5,25
Avaliação		APROVADO		

E – módulo de flexão;

*valor de pico (não houve ruptura).

B – resistência à flexão;

(E) Biomet Bone Cement R

Tabela 54: Dimensões médias, tempos e deflexões relativos a 15 N e 50 N e deflexão final das amostras de unidade de cimento Biomet.

Cimento	Amostra	b_m (mm)	h_m (mm)	t_{15} (s)	t_{50} (s)	f_{15} (mm)	f_{50} (mm)	f (mm)
Biomet	1	9,8	3,4	3,09	4,63	23,27	40,40	1,54
	2	9,9	3,4	3,14	4,75	20,80	37,90	1,61
	3	9,9	3,4	3,02	4,62	20,03	36,33	1,60
	4	9,8	3,4	3,11	4,71	23,97	40,86	1,60
	5	9,8	3,4	3,07	4,63	21,63	37,16	1,56

b_m – largura média;

h_m – espessura média;

t_{15} – tempo registrado quando a força atingiu 15 N;

t_{50} – tempo registrado quando a força atingiu 50 N;

f_{15} – deflexão registrada quando a força atingiu 15 N;

f_{50} – deflexão registrada quando a força atingiu 50 N;

f – deflexão final (diferença entre f_{15} e f_{50}).

Tabela 55: Resultados e avaliação dos ensaios de módulo e resistência à flexão da unidade de cimento Biomet.

Cimento	Amostra	Força (N)	E (MPa)	B (MPa)
Biomet	1	133,5	2769,4	71,7165
	2	134,0	2607,5	70,9281
	3	134,0*	2659,6	71,6835
	4	135,5	2693,5	73,2656
	5	135,5*	2766,0	73,2857
Média		134,5	2699,2	72,2
Desvio Padrão		0,94	69,64	1,05
Avaliação		APROVADO		

E – módulo de flexão;

B – resistência à flexão;

*valor de pico (não houve ruptura)

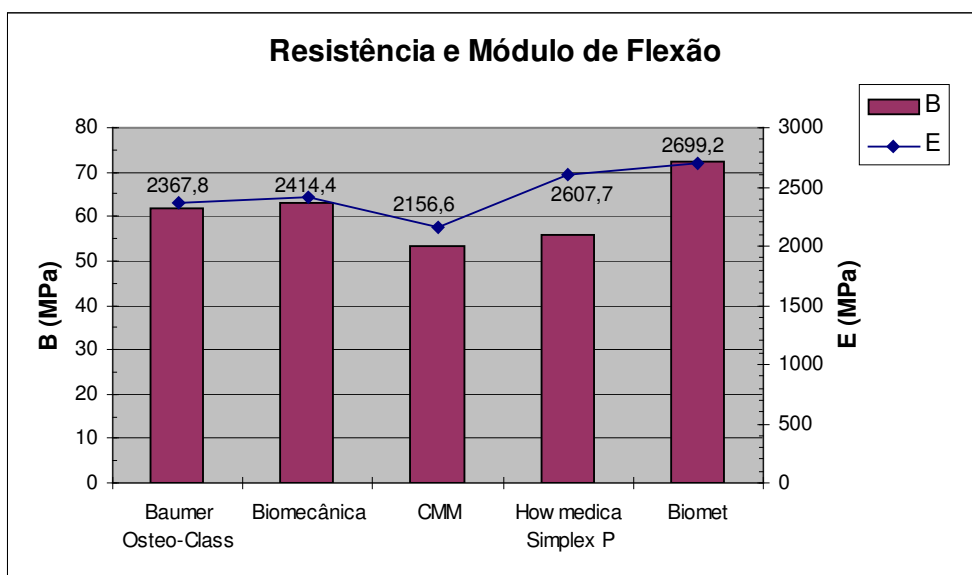


Figura 50: Análise comparativa dos resultados dos ensaios de Resistência e Módulo de Flexão.