

## **ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE COMPOSIÇÕES DE ARGAMASSAS ADESIVAS**

Juciane Cipriano Vieira (1), Fernando Pelisser (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
(1)juci\_cv@hotmail.com, (2)fep@unesc.net

### **RESUMO**

Nos dias atuais as argamassas colantes industrializadas são os materiais mais utilizados para fixar placas cerâmicas, de qualquer classe de absorção e acabamento superficial, sobre substratos tradicionais verticais (paredes) ou horizontais (contrapisos ou lajes). Esta constatação foi o que motivou a realizar nesta pesquisa um estudo avaliando o efeito da composição, principalmente através do consumo de cimento e da concentração de polímeros, na resistência de aderência à tração e no custo de argamassas caracterizadas, do tipo ACI, ACII e ACIII. A composição das argamassas estudadas contam com a adição de polímeros do tipo HEC (hidroxietil celulose) e PVAc (poli acetato de vinila). As argamassas foram assentadas e deixadas em cura normal por 28 dias, então foram submetidas ao ensaio de aderência à tração, medida através de ensaio de arrancamento por tração simples. Também foram analisados os custos com matérias-primas e o índice de consumo de materiais, para determinar o desempenho das formulações. Ao fim da análise de eficiência das formulações baseadas na formulação ACI é possível afirmar que nenhuma delas foi tão ou mais eficiente que a formulação padrão. Os resultados das argamassas ACII demonstram que a formulação ACII F3 é mais eficiente com uma redução de 2,82% no custo, devido à redução de 15% na quantidade de HEC e a ACII F5 é mais eficiente com redução de 4,70% no custo devido redução de 25% na quantidade de HEC. Foi possível comprovar que a formulação ACIII F3 é mais eficiente que a formulação padrão na somatória dos requisitos analisados. Essa formulação apresentou o mesmo resultado de resistência de aderência que a ACIII padrão, e redução nos índices de consumo dos polímeros, e principalmente redução no custo de 19,29%, devido à redução de 33,33% na quantidade de HEC e 38,5% de PVAc.

*Palavras-Chave: argamassa colante, aderência, custo*

### **1. INTRODUÇÃO**

As constantes e crescentes transformações ocorridas nos diversos segmentos da economia mundial levam à busca incessante de conhecimento e aprimoramento de atividades relacionadas com a engenharia, para que em todas as etapas se tenha desempenho adequado e se promova o uso racional de materiais e insumos. Na produção de argamassas de assentamento industrializadas, essas tendências não

poderiam ser diferentes, sendo que neste setor, o controle de custos constitui-se em um importante e eficiente instrumento auxiliar da administração.

As informações relativas aos custos são utilizadas como ferramenta gerencial nas resoluções de várias questões tais como forma de produção, compra de matérias-primas, determinação do preço e negociação no mercado. Estas informações são determinantes para a competitividade organizacional e podem ser constantemente estudadas para determinação de reduções de custos. Além da necessidade de redução de custo para aumento de competitividade no mercado, o uso cada vez mais frequente de materiais cerâmicos para revestimentos impõe que, paralelamente, se desenvolvam estudos para garantir a qualidade e a durabilidade da fixação dos mesmos.

Ao longo da história da construção, a argamassa tradicional, feita em obra, foi, durante muito tempo, o elemento de ligação entre a base e o revestimento cerâmico. Nos dias atuais as argamassas colantes industrializadas são o meio mais utilizado para fixar placas cerâmicas, de qualquer classe de absorção e acabamento superficial, sobre substratos tradicionais verticais (paredes) ou horizontais (contrapisos ou lajes). Após analisadas as propriedades da argamassa no estado endurecido, definiu-se a aderência como a de maior representatividade e importância após aplicação, onde se determinou seu estudo como foco do presente trabalho.

Conforme descrito por Sabbatini (1998, p.7) aderência “é a propriedade do revestimento de manter-se fixo ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento”. Também ressalta que essa característica, é considerada a mais importante no estado endurecido, pois é ela que manterá os revestimentos cerâmicos aderidos nos locais a eles designados, permitindo com isso o ganho de durabilidade para o local assentado.

Nesta pesquisa foi realizado um estudo avaliando o efeito da composição, principalmente através do consumo de cimento e da concentração de polímeros, na resistência de aderência à tração e no custo de argamassas caracterizadas, do tipo AC I, AC II e AC III. As composições das argamassas estudadas contam com a adição de polímeros do tipo HEC (hidroxietil celulose) e PVAc (poli acetato de vinila). Segundo Povoas e John (1999, p.4), o HEC tem como principal propriedade a retenção de água, fazendo com que aumente a plasticidade e a coesão da

argamassa evitando o deslizamento da placa cerâmica, incorpora ar, deixando a argamassa mais trabalhável e retarda os tempos de pega que ampliam o tempo em aberto. Ainda conforme descrito por Povoas e John (1999, p.4), o PVAc é um polímero sintético, insolúvel. O PVAc aumenta a resistência à compressão, à flexão e de aderência, além de reduzir a permeabilidade da argamassa. O PVAc envolve os grãos do cimento tornando a argamassa mais densa e homogênea, aumentando sua flexibilidade e plasticidade.

Segundo Oliveira (2004, p. 18), com a presença de polímeros, há um aumento da retenção de água, havendo uma sucção da nata de cimento para a cerâmica e para o substrato de forma gradual e contínua, gerando maior extensão de contato físico, e subsequente melhor ancoragem mecânica. A aderência também pode ocorrer por ancoragem química promovida pelo polímero com acréscimo de aderência placa cerâmica-base. Isso ocorre devido à formação de filme polimérico na interface argamassa/placa cerâmica, especialmente naquelas que apresentam baixa absorção de água.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

- **Substrato Padrão:** Os substratos padrões foram adquiridos da Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, em conformidade a NBR ABNT 14082:2004.
- **Argamassa Colante:** Para a realização do ensaio de aderência à tração foram utilizados como base os três tipos de argamassas colantes industrializadas dos tipos: ACI, ACII e ACIII, com variação nos percentuais dos componentes. As formulações são compostas de cimento Portland, areias com granulometria controlada e os aditivos HEC e PVAc.
- **Revestimento Cerâmico:** Para o ensaio de aderência foram utilizadas placas cerâmicas de revestimento do grupo BIIa, que apresentavam uma absorção de água de  $4 \pm 1\%$ . Foram cortadas em placas de seção quadrada com  $50 \pm 1$  mm de aresta e não apresentavam quebras, imperfeições, engobe ou resíduos de qualquer

espécie, sendo retificados os quatro lados, conforme especificado na ABNT NBR 14084:2004.

## 2.2 Composições e Misturas

Para realização do estudo foram definidas formulações com variação nos percentuais de aditivos poliméricos do tipo HEC e PVAc, cimento e areia. A determinação das formulações se baseou na intenção de reduzir a quantidade de aditivos, devido o seu alto custo, mas também de forma que esta redução não influenciasse no desempenho final das argamassas. Para isto foram confeccionadas as tabelas 01, 02 e 03, com indicação das formulações para os testes de aderência. As composições foram definidas com objetivo de atender as necessidades da empresa, onde se realizou o estudo, portanto foram definidas pela própria empresa.

Tabela 01: Formulações de argamassa tipo ACI

FORMULAÇÃO	CIMENTO (%)	AREIA (%)	HEC (%)	PVAc (%)
ACI STD	15,50	84,50	0,175	-
ACI F1	18,00	82,00	0,17	-
ACI F2	17,00	83,00	0,17	-
ACI F3	16,00	84,00	0,17	-
ACI F4	17,50	82,50	0,15	-
AC1 F5	16,00	84,00	0,15	-
ACI F6	17,50	82,50	0,13	-
ACI F7	16,00	84,00	0,12	-

Fonte: Juciane C. Vieira

Tabela 02: Formulações de argamassa tipo ACII

FORMULAÇÃO	CIMENTO (%)	AREIA (%)	HEC (%)	PVAc (%)
ACII STD	20,00	80,00	0,20	1,00
ACII F1	21,00	79,00	0,20	1,00
ACII F2	22,00	78,00	0,20	1,00
ACII F3	20,00	80,00	0,17	1,00
ACII F4	20,00	80,00	0,17	0,80
ACII F5	20,00	80,00	0,15	1,00
ACII F6	20,00	80,00	0,155	0,80
ACII F7	22,00	78,00	0,155	0,70

Fonte: Juciane C. Vieira

Tabela 03: Formulações de argamassa tipo ACIII

FORMULAÇÃO	CIMENTO (%)	AREIA (%)	HEC (%)	PVAc (%)
ACIII STD	25,00	75,00	0,27	1,30
ACIII F1	28,00	72,00	0,27	1,30
ACIII F2	28,00	72,00	0,20	1,00
ACIII F3	28,00	72,00	0,18	0,80
ACIII F4	25,00	75,00	0,15	1,00
ACIII F5	25,00	75,00	0,15	0,80
ACIII F6	27,00	73,00	0,18	0,90
ACIII F7	27,00	73,00	0,17	0,80

Fonte: Juciane C. Vieira

### 2.3 Preparação das Amostras

A ABNT NBR 14082:2004 é a norma que especifica o procedimento adotado, para aplicação da argamassa sobre o substrato padrão. A mistura dos componentes foi realizada na empresa produtora de argamassa, e os ensaios foram realizados no Iparq - Parque Científico e Tecnológico da Unesc.

No preparo das argamassas colantes para os ensaios, a mistura do material anidro com a água foi realizada da seguinte maneira:

- os materiais foram agitados energeticamente, por três minutos aproximadamente, para dispersar os aglomerados;
- foram pesados 2,5 kg de argamassa colante e foi pesada a massa de água de amassamento de acordo com as indicações do fabricante, que era de 19%;
- em um misturador mecânico misturou-se por 30s, deixando 60s para limpeza de possíveis resíduos no recipiente, após misturou-se por mais 60s na velocidade baixa;
- o material ficou em maturação, coberto por pano úmido, durante intervalo de 15 min. Em seguida, foi misturado na velocidade baixa por mais 15 s.

Após a preparação da argamassa, esta foi aplicada no substrato padrão, já que o tempo máximo de aplicação deve ser de quinze minutos. Foram colocadas porções de argamassa sobre a face desempenada do substrato e se estendeu com o lado liso da desempenadeira, em um movimento de vaivém, apoiado firmemente sobre a superfície, no sentido longitudinal. Foi retirado e descartado o excesso de argamassa retido na desempenadeira, assim foram colocadas novas porções de

argamassa sobre o substrato já com aplicação, e estendidas com o lado liso da desempenadeira de modo que formasse uma camada uniforme, com espessura suficiente para a aplicação das peças cerâmicas. Não foram formados cordões conforme recomendado pela norma, por se entender não necessário ao preenchimento do tardo de placas pequenas e que poderia aumentar a variabilidade do ensaio, caso esses não fossem apropriadamente formados. Cerca de cinco minutos após a aplicação da argamassa eram aplicadas 8 peças cerâmicas, distribuídas de forma uniforme, que permitisse uma separação de no mínimo 15cm entre seus centros. Cada placa foi carregada com uma massa padrão de 2 kg por 30s. Após a retirada da massa padrão, foi retirado o excesso de argamassa ao redor das peças, deixando aproximadamente 1,0cm de argamassa ao redor da placa cerâmica. Após as amostras ficarem prontas, foram deixadas em cura normal por 28 dias. Transcorrido este período, as argamassas são submetidas ao ensaio de aderência à tração, medida através de ensaio de arrancamento por tração simples.

## **2.4 Determinação da Resistência de Aderência à Tração**

O ensaio de determinação da resistência de aderência à tração foi realizado conforme especificado na ABNT NBR 14084:2004. A resistência de aderência à tração da argamassa colante corresponde à força de tração máxima por área do plano de ruptura, expressa em MPa. A preparação para o ensaio de aderência é realizada com a colagem das placas de arrancamento sobre as placas cerâmicas, com antecedência de cerca de 30 minutos antes da realização do ensaio, para garantir total aderência entre o conjunto, mesmo utilizando cola instantânea. Para a execução deste ensaio foi utilizado o equipamento chamado de dinamômetro digital. Os resultados foram anotados em uma planilha previamente elaborada, onde anotou-se valor da carga que a argamassa suporta, e tipo de ruptura, que é classificada de acordo com a norma técnica ABNT NBR 14084:2004 como:

S – ruptura no substrato;

S/A – ruptura na interface argamassa e substrato;

A – ruptura na camada de argamassa colante;

A/P – ruptura na interface argamassa e placa cerâmica;

F – falha na colagem da peça metálica.

A tensão de ruptura  $f_t$  é obtida mediante a expressão:

$$f_t = \frac{T}{A}$$

onde:

$f_t$  é a tensão de ruptura em MPa;

T é a força de tração máxima em N;

A é a área de ruptura da placa cerâmica, em mm<sup>2</sup>.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para Bornia (2002, p. 15), custos de fabricação são os valores dos insumos efetivamente utilizados, como matéria-prima, mão-de-obra, energia elétrica, combustíveis, máquinas e equipamentos, entre outros, utilizados na fabricação dos produtos da empresa, abrangendo apenas os insumos utilizados no processo fabril. Dutra (2003, p. 20) define matéria-prima, como o elemento que sofrerá transformação ou agregação durante um processo produtivo, surgindo assim um novo elemento, cujos elementos são adquiridos de outras empresas (fornecedores) ou até mesmo de fases anteriores de produção (beneficiamento). Para a realização da análise de custo das formulações do presente trabalho foi apenas foram considerados os custos com matérias-primas, já que os demais não sofreriam variação com as alterações das formulações. O resultado foi expresso percentualmente em relação à formulação padrão, ou seja, se o custo reduziria ou aumentaria em relação a formulação STD.

Também foi desenvolvido um índice de consumo de materiais (cimento e polímeros). Este índice foi baseado na quantidade de cimento e polímeros usados em uma saca de argamassa (20kg), relacionando com os resultados de aderência:

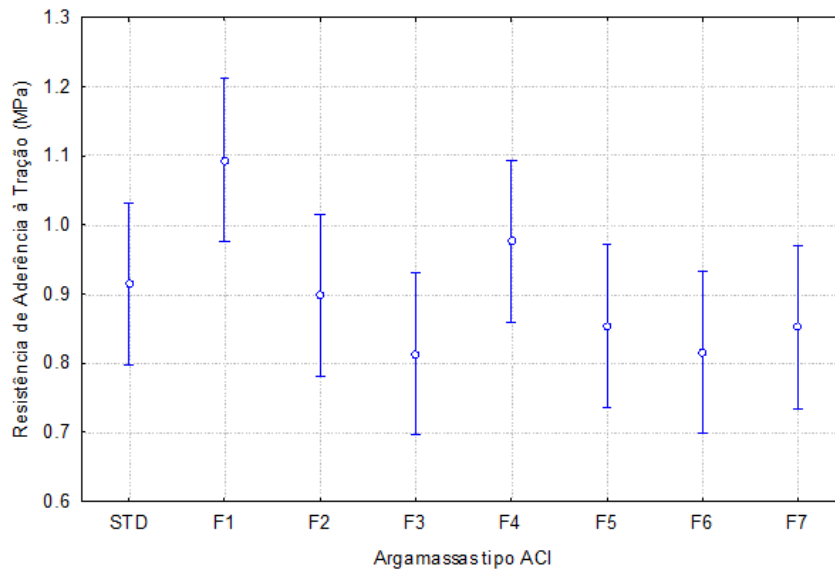
Índice de consumo= kg/saco/MPa.

#### 3.1 Resultados de Aderência à Tração e Análise de Custo - ACI

Os resultados dos ensaios de aderência à tração da argamassa tipo ACI estão indicados no gráfico da figura 01.



Figura 01: Resistência de aderência à tração da argamassa ACI



Fonte: Juciane C. Vieira

Com a verificação dos resultados para as formulações baseadas na argamassa tipo ACI, é possível afirmar que todas elas atendem a recomendação da norma ABNT NBR 14081 (2004, p.2), onde diz que as argamassas colantes industrializadas do tipo ACI devem atender o requisito de resistência de aderência mínimo de 0,5 MPa. Considerando estes resultados pode-se afirmar que todas elas estariam aptas a substituir a formulação padrão, algumas até com resultados superiores, como a ACI F1, com média de 10% superior a resistência da formulação padrão. Para uma melhor análise do desempenho foi desenvolvido um índice de eficiência de consumo de cimento e PVAc, com resultados apresentados na tabela 04 e figura 02.

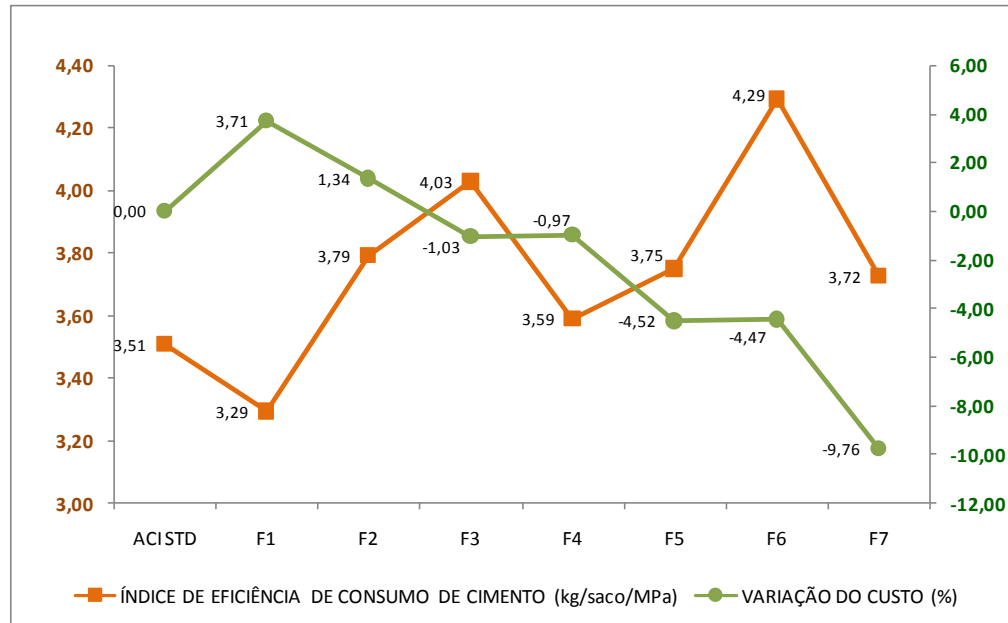
Tabela 04: Índice de eficiência de consumo - ACI

FORMULAÇÃO	Índice de eficiência de consumo de HEC (kg/saco/MPa)
ACI STD	0,04
ACI F1	0,03
ACI F2	0,04
ACI F3	0,04
ACI F4	0,03
AC1 F5	0,04
ACI F6	0,03
ACI F7	0,03

Fonte: Juciane C. Vieira



Figura 02: Comparativo do custo com a eficiência de consumo de cimento – ACI



Fonte: Juciane C. Vieira

Com a análise da eficiência do consumo, baseado na quantidade de cimento e HEC utilizados, relacionando com os resultados de aderência, é possível afirmar que somente a formulação ACI F1 obteve resultado mais satisfatório que a formulação padrão, devido ao seu alto desempenho no ensaio de aderência, igualando seu índice de eficiência de consumo de HEC à formulação padrão e mais eficiente no índice de eficiência de consumo de cimento.

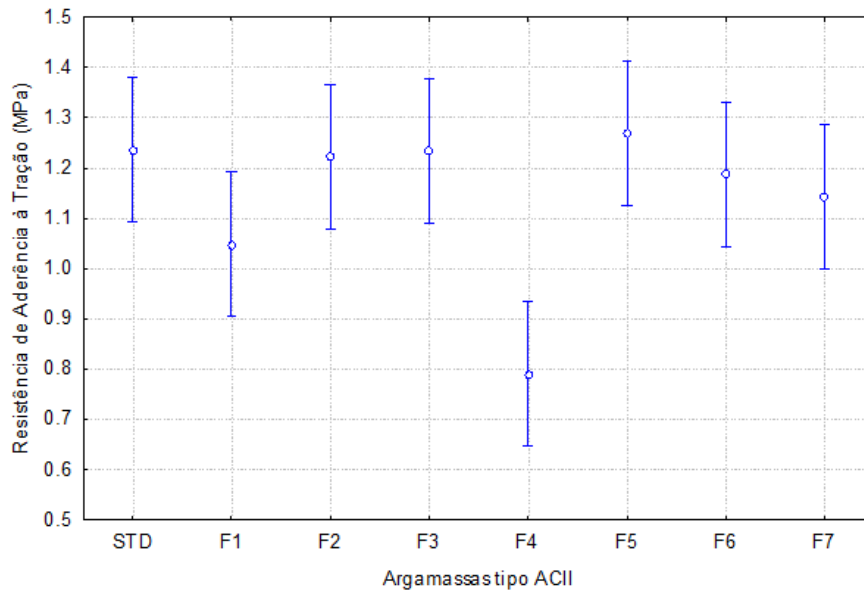
Com a análise do custo notou-se que as formulações ACI F1 e AC F2 apresentaram aumento no custo da formulação, devido ao maior consumo de cimento, sendo menos eficientes neste requisito. As formulações ACI F3, F4, F5, F6 e F7, apresentaram redução no custo, apesar disso, já haviam sido consideradas menos eficientes no índice de eficiência de consumo.

Ao fim da análise de eficiência das formulações baseadas na formulação ACI é possível afirmar que nenhuma delas foi tão ou mais eficiente que a formulação padrão na somatória dos requisitos analisados, considerando que ACI F1 apresentou o melhor resultado de resistência de aderência e no índice de consumo, mas foi reprovada na análise do custo.

### 3.2 Resultados de Aderência à Tração e Análise de Custo - ACII

Os resultados dos ensaios de aderência à tração da argamassa tipo ACII estão indicados no gráfico da figura 03.

Figura 03: Resistência de aderência à tração da argamassa ACII



Fonte: Juciane C. Vieira

No caso das formulações baseadas na argamassa tipo ACII, é possível afirmar que todas elas atendem à recomendação da norma ABNT NBR 14081 (2004, p.2), onde diz que as argamassas colantes industrializadas do tipo ACII devem atender o requisito de resistência de aderência mínimo de 0,5 MPa, para o ensaio de resistência de aderência à tração.

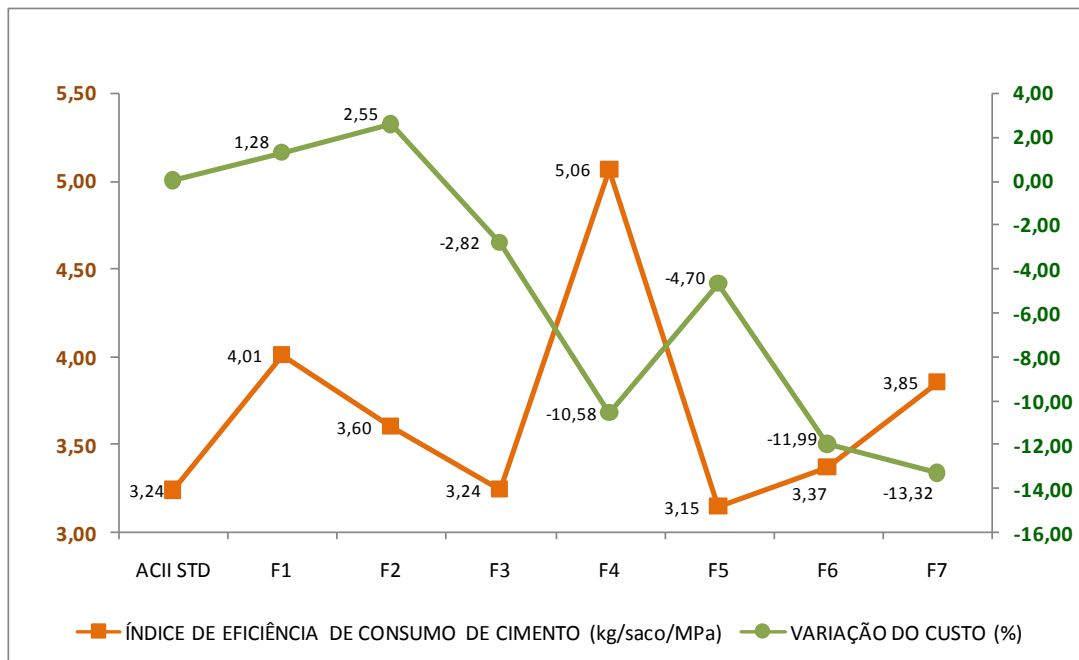
No entanto é válido ressaltar que as formulações ACII F1 e ACII F4, apresentaram resultado insatisfatório se comparados à formulação padrão, ficando abaixo do desvio aceitável, as demais apresentam resultados equivalentes. Para uma melhor análise do desempenho foi desenvolvido um índice de eficiência de consumo de cimento e PVAc, com resultados na tabela 05 e figura 04.

Tabela 05: Índice de eficiência de consumo - ACII

FORMULAÇÃO	ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE CONSUMO DE HEC (g/saco/MPa)	ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE CONSUMO DE PVAc (g/saco/MPa)
ACII STD	32,41	162,04
ACII F1	38,19	190,95
ACII F2	32,75	163,76
ACII F3	27,58	162,24
ACII F4	43,05	202,57
ACII F5	23,61	157,40
ACII F6	26,12	134,80
ACII F7	27,15	122,63

Fonte: Juciane C. Vieira

Figura 04: Comparativo do custo com a eficiência de consumo de cimento – ACII



Fonte: Juciane C. Vieira

Com a análise da eficiência do consumo, baseado na quantidade de cimento, HEC e PVAc utilizados, relacionando com os resultados de aderência, é possível afirmar que somente a formulação ACII F3 e ACII F5 obtiveram resultados mais satisfatórios. A F3 é proporcional a formulação padrão, igualando seu desempenho no ensaio de aderência, e mantendo o índice de eficiência de consumo de cimento, HEC e PVAc equivalentes, devido ao pequeno percentual de variação dos componentes se comparada a ACII STD.

A F5 possui melhor desempenho em relação ao índice de consumo de cimento e de polímeros. Após a análise dos resultados de aderência foi realizado o levantamento da variação do custo das formulações, em relação ao custo da formulação padrão, conforme figura 04.

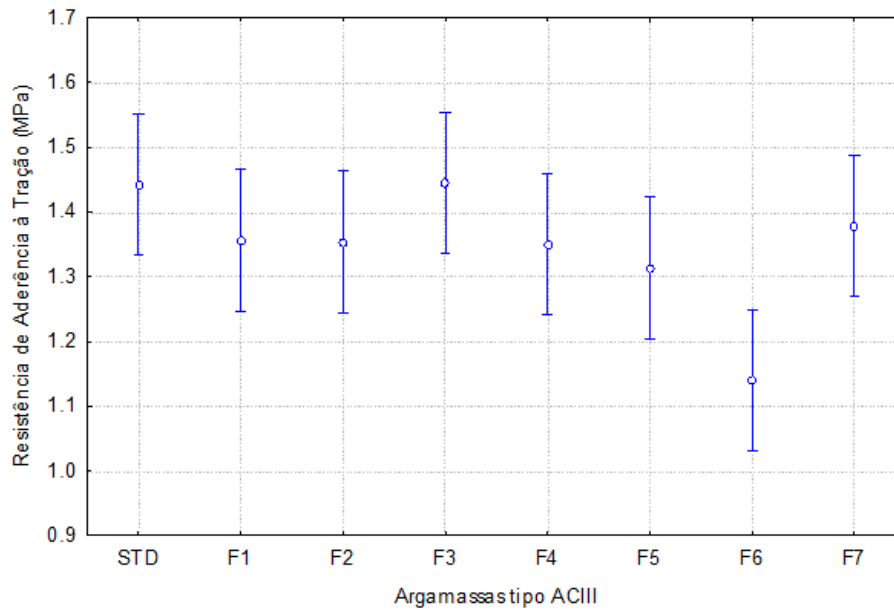
Com a análise do custo notou-se que as formulações ACII F1 e ACII F2 apresentaram aumento no custo da formulação, devido ao maior consumo de cimento, e estabilidade no percentual de aditivos, sendo reprovadas neste requisito. As formulações ACII F3, F4, F5, F6 e F7, apresentaram redução no custo, apesar disso, as formulações F4, F6 e F7 já haviam sido reprovadas pelo índice de consumo.

Ao fim da análise de eficiência das formulações baseadas na formulação ACII, é possível afirmar que as formulações ACII F3 e F5 são mais eficientes que a formulação padrão na somatória dos requisitos analisados. Considerando que a F3 apresentou o mesmo resultado de resistência de aderência e índice de consumo que a formulação padrão e o que a define com melhor desempenho é à redução de 2,82% no custo, devido à redução de 15% na quantidade de HEC. Já a F5 apresentou melhor desempenho em todos os requisitos analisados, em relação à formulação padrão.

### **3.3 Resultados de Aderência à Tração e Análise de Custo - ACIII**

Os resultados dos ensaios de aderência à tração da argamassa tipo ACIII estão indicados no gráfico da figura 05.

Figura 05: Resistência de aderência à tração da argamassa ACIII



Fonte: Juciane C. Vieira

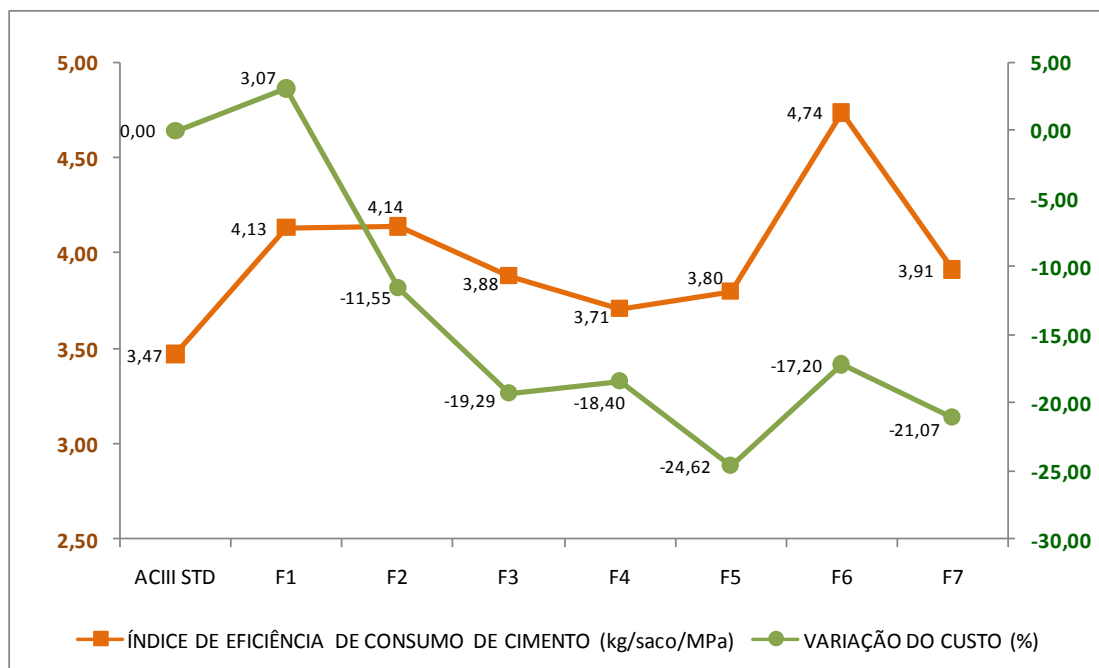
Com a análise dos resultados adquiridos para as formulações baseadas na argamassa tipo ACIII, é possível afirmar que todas elas atendem à recomendação da norma ABNT NBR 14081 (2004, p.2), onde diz que as argamassas colantes industrializadas do tipo ACIII devem atender o requisito de resistência de aderência mínimo de 1,0MPa. No caso das formulações ACIIIF5 e ACIIIF6, apesar de estarem atendendo ao valor mínimo exigido por norma, apresentaram resultado insatisfatório se comparado a formulação padrão, ficando abaixo do desvio aceitável, as demais apresentam resultados equivalentes. Para uma melhor análise do desempenho foi desenvolvido um índice de eficiência de consumo de cimento e PVAc, com resultados na tabela 06 e figura 06.

Tabela 06: Índice de eficiência de consumo - ACIII

FORMULAÇÃO	ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE CONSUMO DE HEC (g/saco/MPa)	ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE CONSUMO DE PVAc (g/saco/MPa)
ACIII STD	37,45	180,33
ACIII F1	39,85	191,88
ACIII F2	29,55	147,76
ACIII F3	24,93	110,82
ACIII F4	22,24	148,27
ACIII F5	22,80	121,58
ACIII F6	31,58	157,88
ACIII F7	24,63	115,93

Fonte: Juciane C. Vieira

Figura 06: Comparativo do custo com a eficiência de consumo de cimento – ACIII



Fonte: Juciane C. Vieira

Com a análise da eficiência do consumo, baseada na quantidade de cimento, HEC e PVAc utilizados, relacionando com os resultados de aderência, é possível afirmar que todas as formulações, exceto ACIII F1, obtiveram resultado equivalente ou mais satisfatório que a formulação padrão, nos índices de consumo de HEC e PVAc. Em contrapartida, no índice de consumo cimento nenhuma delas foi mais eficiente que a padrão, devido ao aumento do consumo de cimento.

Após a análise dos resultados de aderência foi realizado o levantamento da variação do custo das formulações, em relação ao custo da formulação padrão, conforme a figura 06.

Com a análise do custo notou-se que somente a formulação ACII F1 que apresentou aumento no custo, devido ao maior consumo de cimento e mesmo mantendo a quantidade de polímeros, foi reprovada também neste requisito. As demais formulações, apresentaram redução no custo, apesar disso, já haviam sido reprovadas pelo índice de consumo de cimento.

Ao fim da análise de eficiência das formulações baseadas na formulação ACIII, é possível afirmar que a formulação ACIII F3 é mais eficiente que a formulação padrão na somatória dos requisitos analisados. Essa formulação, representou menor desempenho em relação à formulação padrão somente no índice de consumo de cimento, mas apresentou o mesmo resultado de resistência de aderência que a ACIII STD, e redução nos índices de consumo dos polímeros, e principalmente redução de custo de 19,29%, devido a redução de 33,33% na quantidade de HEC e 38,5% de PVAc, o que justifica sua maior eficiência em relação a formulação padrão.

### 3.4 Tipos de Rupturas

As rupturas obtidas nos ensaios de resistência de aderência estão indicadas nas tabelas 07, 08 e 09.

Tabela 07 - Tipos de rupturas na argamassa ACI

FORMULAÇÃO	S Substrato	S/A Argamassa/ substrato	A Argamassa	A/P Argamassa/ placa	P Placa	F Falha na cola
ACI STD	-	-	100%	-	-	-
ACI F1	-	43%	57%	-	-	-
ACI F2	-	43%	57%	-	-	-
ACI F3	-	-	86%	14%	-	-
ACI F4	-	14%	86%	-	-	-
AC1 F5	-	14%	71%	14%	-	-
ACI F6	-	-	86%	14%	-	-
ACI F7	-	29%	71%	-	-	-

Fonte: Juciane C. Vieira



Como pode ser observado nos resultados, a argamassa tipo ACI apresentou forte tendência de ruptura na própria argamassa, representando um total de 77% de rupturas deste tipo, contra 18% de ruptura na interface argamassa-substrato e 5% na interface argamassa-placa cerâmica, no somatório das rupturas.

Tabela 08 - Tipos de rupturas na argamassa ACII

FORMULAÇÃO	S Substrato	S/A Argamassa/ substrato	A Argamassa	A/P Argamassa/ placa	P Placa	F Falha na cola
ACII STD	-	86%	14%	-	-	-
ACII F1	-	-	57%	43%	-	-
ACII F2	-	71%	-	29%	-	-
ACII F3	-	100%	-	-	-	-
ACII F4	-	29%	57%	14%	-	-
ACII F5	-	86%	14%	-	-	-
ACII F6	-	86%	14%	-	-	-
ACII F7	-	-	71%	29%	-	-

Fonte: Juciane C. Vieira

Verificando os resultados das formulações de argamassa tipo ACII verificou-se tendência de ruptura na interface argamassa-substrato, representando um total de 57% de rupturas deste tipo, contra 29% de ruptura na própria argamassa e 14% na interface argamassa-placa cerâmica.

Tabela 09 - Tipos de rupturas na argamassa ACIII

FORMULAÇÃO	S Substrato	S/A Argamassa/ substrato	A Argamassa	A/P Argamassa/ placa	P Placa	F Falha na cola
ACIII STD	-	71%	14%	14%	-	-
ACIII F1	-	29%	43%	29%	-	-
ACIII F2	-	57%	43%	-	-	-
ACIII F3	-	43%	43%	14%	-	-
ACIII F4	-	14%	57%	29%	-	-
ACIII F5	-	43%	43%	14%	-	-
ACIII F6	-	29%	-	71%	-	-
ACIII F7	-	-	29%	57%	-	-

Fonte: Juciane C. Vieira

A verificação dos resultados da argamassa tipo ACIII, teve a conclusão de que esta não apresentou tendência de comportamento bem definida, sendo os resultados

quase equivalentes: ruptura argamassa-substrato de 36%; ruptura na própria argamassa: 34%; e na interface argamassa-placa cerâmica de 29%.

#### 4. CONCLUSÕES

Quanto às variáveis estudadas, através da análise dos resultados conclui-se que:

a) A redução da concentração dos polímeros, de forma geral, apresenta uma redução na resistência de aderência, para a cura normal. Conforme observado, por Póvoas e Jhon (1999, p.4), argamassas modificadas com polímeros do grupo de látices poliméricos apresentaram elevada aderência. Maiores resistências foram obtidas ainda nas argamassas modificadas com látices poliméricos e com o polímero hidroxietil celulose segundo a autora porque, além do aumento de resistência, a elevada retenção de água promovida pelo HEC contribuiu para a hidratação do cimento. Também segundo Ohama (1998, p. 2), o polímero age como um reforço e, desta forma, o filme de polímero formado impede a propagação de microfissuras e aumenta a resistência à tração.

b) Ao fim da análise de eficiência das formulações baseadas na formulação ACI é possível afirmar que nenhuma delas foi tão ou mais eficiente que a formulação padrão, pois apresentaram maior índice de consumo de cimento e menor resistência de aderência, na grande maioria.

c) Os resultados das argamassas ACII demonstram que a formulação ACII F3 é mais eficiente que a formulação padrão, considerando que esta apresentou o mesmo resultado de resistência de aderência e índice de consumo de materiais, mas apresentou a vantagem expressiva com uma redução de 2,82% no custo, devido à redução de 15% na quantidade de HEC. A ACII F5 é mais eficiente com redução de 4,70% no custo devido redução de 25% na quantidade de HEC

d) Foi possível comprovar que a formulação ACIII F3 é mais eficiente que a formulação padrão na somatória dos requisitos analisados. Essa formulação, representou menor desempenho em relação à formulação padrão somente no índice de consumo de cimento, mas apresentou o mesmo resultado de resistência de aderência que a ACIII padrão, e redução nos índices de consumo dos polímeros, e principalmente redução no custo de 19,29% devido à redução de 33,33% na quantidade de HEC e 38,5% de PVAc.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14082**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14084**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2004.

BORNIA, Antonio Cezar, **Análise gerencial de custos em empresas modernas**, 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DUTRA, René Gomes, **Custos: uma abordagem prática**, 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

OHAMA, Yoshihiko. **Polymer-based Admixtures. Cement and Concrete Composites**. Ed. 20. Pp 189-212. Great Britain, 1998.

OLIVEIRA, Juliana de. **Estudo das propriedades de argamassas colantes submetidas à saturação e secagem**. Florianópolis, 2004.

POVOAS, Yeda Vieira & JHON, Vanderley Moacir. Tempo em Aberto da Argamassa Colante: Influência dos Aditivos HEC e PVAc. São Paulo, 1999.

SABBATINI, F. H., **Recomendações para a execução de revestimento de argamassa para parede de vedação externas interiores e tetos**. São Paulo, 1998.