

Avaliação do desempenho de betões com incorporação de biopolímero e latex



Ulisses Targino Bezerra¹



Rui Miguel Ferreira²



Carina S.M. Fonseca³

RESUMO

O trabalho de investigação visa avaliar o comportamento mecânico de betões com duas incorporações poliméricas: um biopolímero e um latex. O emprego de biopolímero em pastas de cimento Portland apresentou resultados significativos na cimentação de poços de petróleo. A finalidade foi obter uma melhor formação da zona de transição do betão (interface agregado-pasta de cimento) através da atracção electrostática do átomo de cálcio pertencente à molécula de portlandita e da consequente hidratação do cimento sem a formação de fluxos de água internos na microestrutura (efeito do biopolímero). Pretendeu-se, também, criar redes poliméricas na porosidade dos hidratos por meio da coalescência do latex. Os dois polímeros foram adicionados em percentagens variadas desde 0 % até ao 4 % em relação à massa de cimento Portland. Ensaio mecânicos indicaram que a resistência à compressão foi incrementada em 21 % para as percentagens de 3 % e 1 % de biopolímero e latex, respectivamente, enquanto que a resistência à tracção aumentou em 11 % para as percentagens de 1 % e 3 % dos dois polímeros, ambos os resultados para 28 dias de cura. Outros ensaios estão sendo realizados (microscopia eletrónica de varrimento, ensaios de resistividade eléctrica, difusão de iões cloretos e difracção de raios X) para se avaliar a durabilidade do betão e verificar a mudança ocorrida na microestrutura dos betões incorporados, principalmente com relação à zona de transição.

PALAVRAS-CHAVE

Betão; biopolímero; latex; resistência à compressão; resistência à tracção.

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, Área de Construção Civil, 58039-101 João Pessoa, Brasil. dartarios@yahoo.com.br

² Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 4800-058 Guimarães, Portugal. rmf@civil.uminho.pt

³ Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 4800-058 Guimarães, Portugal. cfonsecafafe@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Da literatura se sabe que o betão é, depois da água, o material mais consumido pela civilização. Esta constatação, levantada por Brunauer e Copeland [1], reflecte a importância económica deste material para a ciência e a tecnologia. É comum na construção civil surgirem situações em que o betão é submetido a tensões de tracção e, nestes casos, são incluídas armaduras para absorver estes tipos de esforços. No entanto, para algumas situações particulares, tais como a execução de pisos industriais, a inclusão de armadura, apesar de ser possível, é uma prática que poderia ser evitada, caso o betão em si, apresentasse um comportamento adequado no que se refere à absorção de tensões de tracção. A região que apresenta menores propriedades mecânicas nos betões é conhecida como zona de transição [1, 2]. Esta região, correspondente à interface entre os agregados e a pasta de cimento (Figura 1), apresenta baixa formação de C-S-H, que é o produto da hidratação do cimento Portland, responsável por suas propriedades mecânicas e de durabilidade [3].

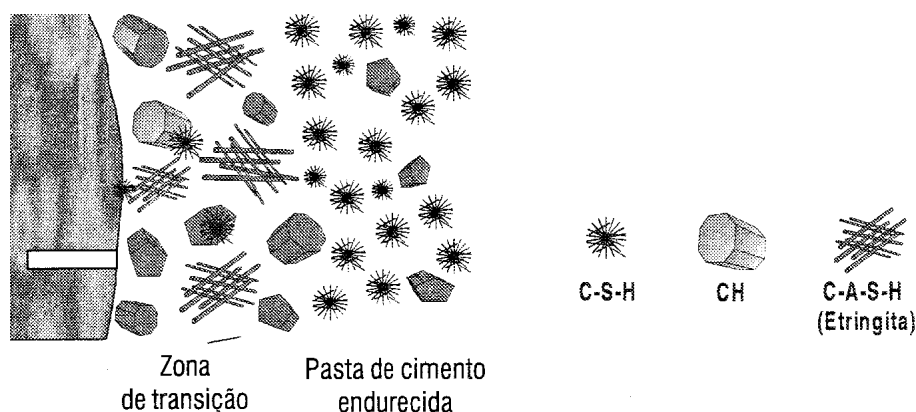


Figura 1. Zona de transição: interface agregado/pasta de cimento Portland [3].

A inclusão de polímeros nos betões geralmente incrementa as propriedades mecânicas desta região, fazendo com que o material tenha melhores propriedades mecânicas como um todo. Espera-se que na zona de transição ocorra uma maior produção de C-S-H, fazendo com que a aderência agregado/pasta seja aumentada. Esta expectativa refere-se aos resultados obtidos por Bezerra [3], em que a inclusão do biopolímero promovia a redução da mobilidade da água, fazendo com que a distribuição dos produtos da hidratação do cimento Portland fossem uniformes, o que garantia a presença de todos eles em todas as regiões da microestrutura. Bezerra [3] apresentou trabalhos relacionados à inclusão de um biopolímero em pastas destinadas à cimentação de poços de petróleo, obtendo resultados significativos. Nestas pesquisas, as pastas de cimento apresentaram aumento de resistência à tracção e aumento de resiliência, assim, como aumento da resistência à compressão.

Este trabalho foi iniciado incorporando-se um biopolímero e um latex ao betão para avaliação de seu comportamento mecânico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os materiais empregados neste trabalho foram os seguintes:

- cimento Portland CEM tipo II 32.5, CIMPOR, Portugal;
- biopolímero em pó da POLYMAR, Fortaleza-CE, Brasil;
- latex Adity com 50 % de sólidos da QUIMIDOIS, Póvoa de Varzim, Portugal;
- agregado grosso com dimensão máxima de 20 mm da região de Guimarães, Portugal;
- agregado fino fluvial silicoso da região de Guimarães, Portugal;
- água potável.

A composição adotada na preparação dos betões, em relação à massa de cimento, foi a seguinte: 1:1,87:1,87:0,5 (para 1 m³ → 448 kg de cimento; 840 kg de agregado fino; 840 kg de agregado grosso; 224 kg de água). Em todos os betões foi mantida a relação água/cimento de 0,5, inclusive a água contida no latex foi descontada quando este material foi empregue. No caso do biopolímero este procedimento não foi necessário por este material não possuir água em sua composição. Não foram empregados adjuvantes, pois pretendia-se avaliar o efeito do biopolímero e do latex separadamente e em conjunto.

2.2 Metodologia

Este trabalho insere-se em uma investigação realizada em duas fases: a primeira refere-se à avaliação mecânica dos betões com as incorporações e a segunda à análise da microestrutura através de microscopia eletrônica de varrimento e difração por raios X. A expectativa para a segunda fase é a de que se consiga demonstrar que a microestrutura do betão aditivado é mais resistente que a do betão padrão porque o biopolímero apresenta efeito de fixação eletrostática (quelação) do cálcio do cimento Portland, o que implica na menor mobilidade da água e consequente incremento da resistência da zona de transição, aumentando a resistência à tração, reduzindo o módulo de elasticidade e promovendo o refinamento dos poros provenientes da saída do excesso de água de hidratação; além disso, espera-se observar a presença do latex na forma de redes interligando os poros do betão conferindo, portanto, maior resistência à tracção.

No início dos trabalhos, foi previsto a incorporação de até 9 % de polímero em relação à massa de cimento Portland, mas ensaios preliminares indicaram que a resistência mecânica dos betões incorporados com os polímeros era acrescida de forma significativa quando suas concentrações situavam-se no intervalo de 0 % a 4 % em relação à massa de cimento Portland.

Assim, realizou-se um conjunto de ensaios cobrindo estas percentagens com intervalos de 1 % conforme pontos indicados com um quadrado na 'Fig. 2' seguinte.

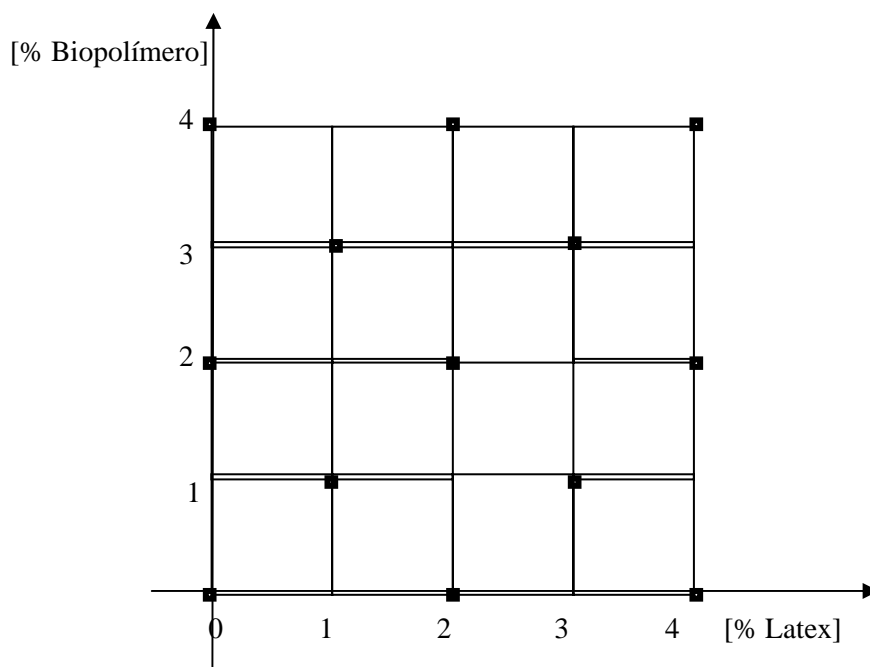


Figura 2. Plano de ensaios adotado.

O plano de ensaios adoptado segue a sugestão de Lorenzi e Nesvijski [5], que é uma simplificação do modelo tradicional de Box [5].

As propriedades mecânicas dos betões avaliados foram a resistência à compressão e a resistência à tracção. Para cada ponto indicado na 'Fig. 2' foram determinadas as resistências para 7 dias e 28 dias, cada ponto representa um conjunto de 3 provetes com 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Outras resistências à compressão estão previstas para idades de 180 dias, mas os provetes ainda não completaram esta idade.

No caso da resistência à tracção foi adoptado o método brasileiro, segundo a norma NBR 7222 [6], que determina a resistência à tracção por compressão diametral de provetes cilíndricos também de 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro.

Os provetes foram imersos em água após sua desmoldagem, o que ocorreu após sua amassadura e moldagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio secundários de caracterização revelaram que o cimento Portland empregado possui massa específica de 3150 kg/m³, o que é um valor comum para cimento Portland do tipo CEM II, comumente comercializado na Europa.

Embora a pesquisa envolva outros ensaios, tais como penetração de iões cloreto, resistividade elétrica, absorção capilar e permeabilidade ao oxigênio, os resultados apresentados aqui restringem-se apenas às propriedades mecânicas de resistência à compressão e resistência à tracção.

3.1. Resistência à compressão

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão encontram-se nos 'Quadros 1 e 2' seguintes, eles correspondem aos tempos de 7 dias e 28 dias (cada valor corresponde a uma média de 3 resistências individuais).

Quadro 1. Resultados de resistência à compressão para 7 dias [MPa].*

<i>Latex [%]</i>		<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Biopolímero [%]</i>	0	19,92	<i>19,17</i>	18,32	<i>16,77</i>	15,03
	1	<i>19,33</i>	19,33	<i>18,70</i>	17,01	<i>16,37</i>
	2	18,81	<i>21,02</i>	20,24	<i>18,35</i>	17,12
	3	<i>22,67</i>	25,79	<i>21,82</i>	19,07	<i>17,07</i>
	4	22,17	<i>23,40</i>	22,17	<i>18,77</i>	14,96

Obs.: * os valores em itálico correspondem às interpolações dos valores experimentais obtidos.

Quadro 2. Resultados de resistência à compressão para 28 dias [MPa].*

<i>Latex [%]</i>		<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Biopolímero [%]</i>	0	28,09	<i>26,93</i>	25,65	<i>24,59</i>	24,01
	1	<i>28,21</i>	27,06	<i>27,48</i>	24,12	<i>24,06</i>
	2	29,48	<i>30,89</i>	33,11	<i>27,00</i>	24,05
	3	<i>30,32</i>	33,96	<i>31,20</i>	26,70	<i>24,96</i>
	4	27,51	<i>30,70</i>	31,04	<i>27,29</i>	24,12

Obs.: * os valores em itálico correspondem às interpolações dos valores experimentais obtidos.

As representações gráficas dos 'Quadros 1 e 2' podem ser visualizadas nas 'Figs 2 e 3' seguintes, que revelam a tendência do comportamento mecânico dos betões aditivados com os dois polímeros.

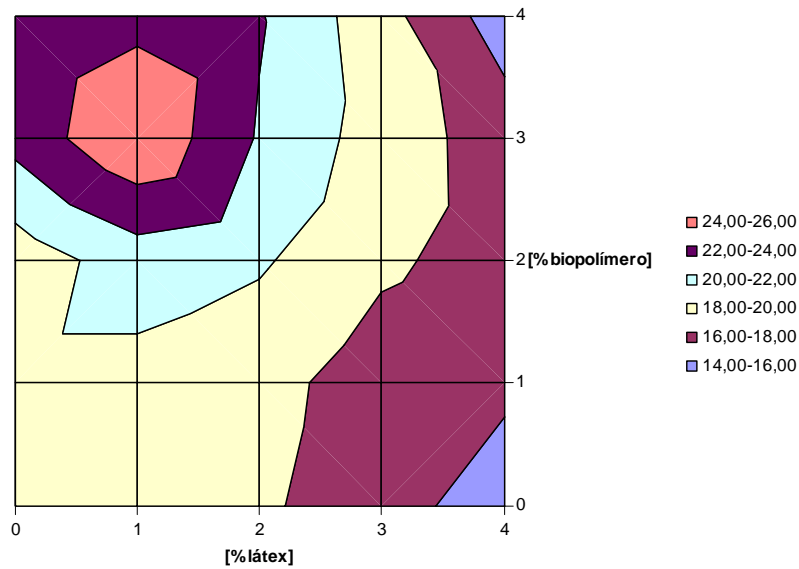


Figura 2. Resistência à compressão para 7 dias [MPa].

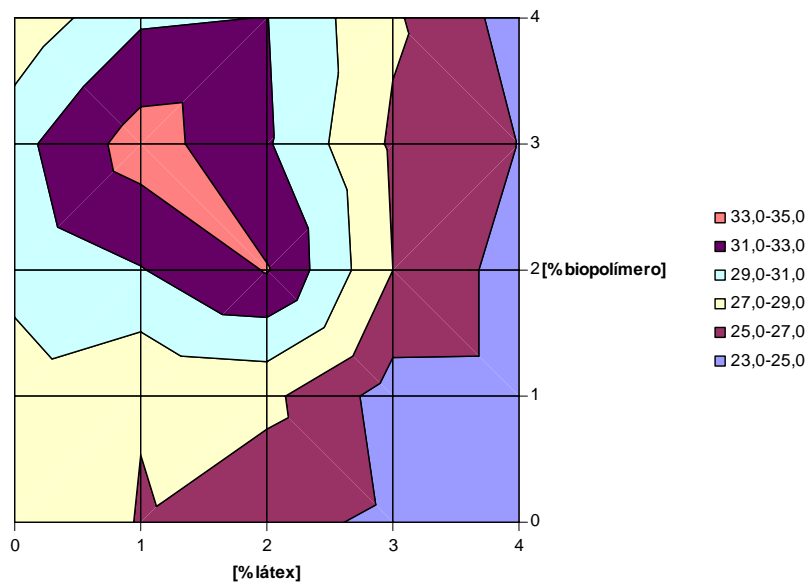


Figura 3. Resistência à compressão para 28 dias [MPa].

Atuando isoladamente, 3 % de biopolímero proporcionou um aumento de 14 % na resistência à compressão do betão para 7 dias e de 8 % para 28 dias ('Fig. 4'). No caso do latex, a adição de 4 % resultou em uma redução da resistência à compressão de 24 % para 7 dias e de 14 % para 28 dias ('Fig. 5'), ou seja, a simples adição de latex não é recomendável quando se deseja aumento da resistência à compressão.

Entretanto, no caso dos polímeros actuando em conjunto, obteve-se um acréscimo de 29 % na resistência à compressão para 7 dias ('Fig. 2') e de 21 % para 28 dias ('Fig. 3'), equivalentes às percentagens de 1 % de latex e 3 % de biopolímero, ou seja, o efeito combinado dos polímeros aumenta a resistência à compressão e a mantém no tempo.

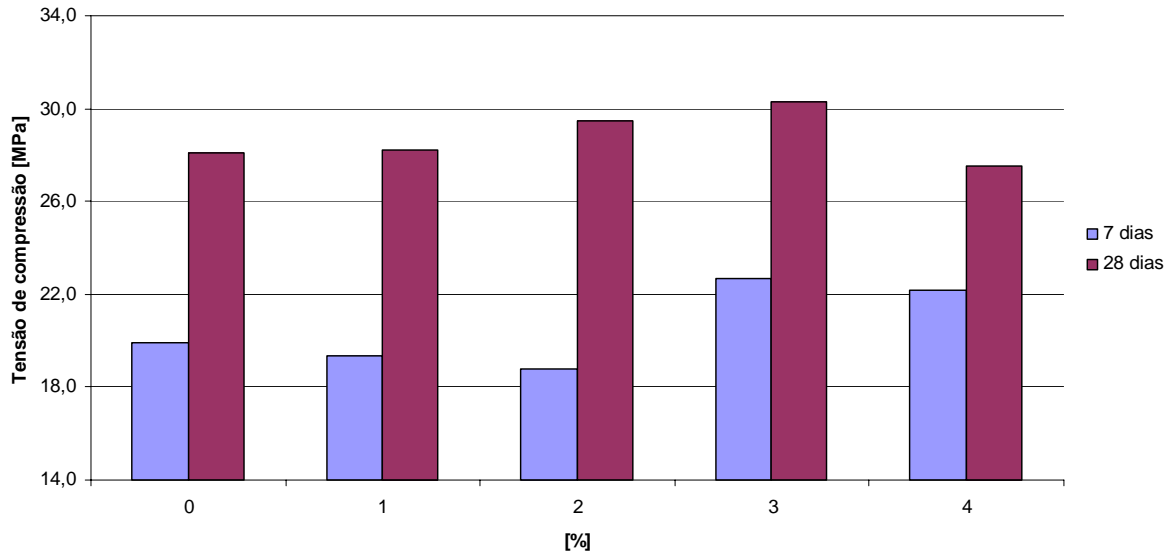


Figura 4. Resistência à compressão para 7 dias e 28 dias com biopolímero [MPa].

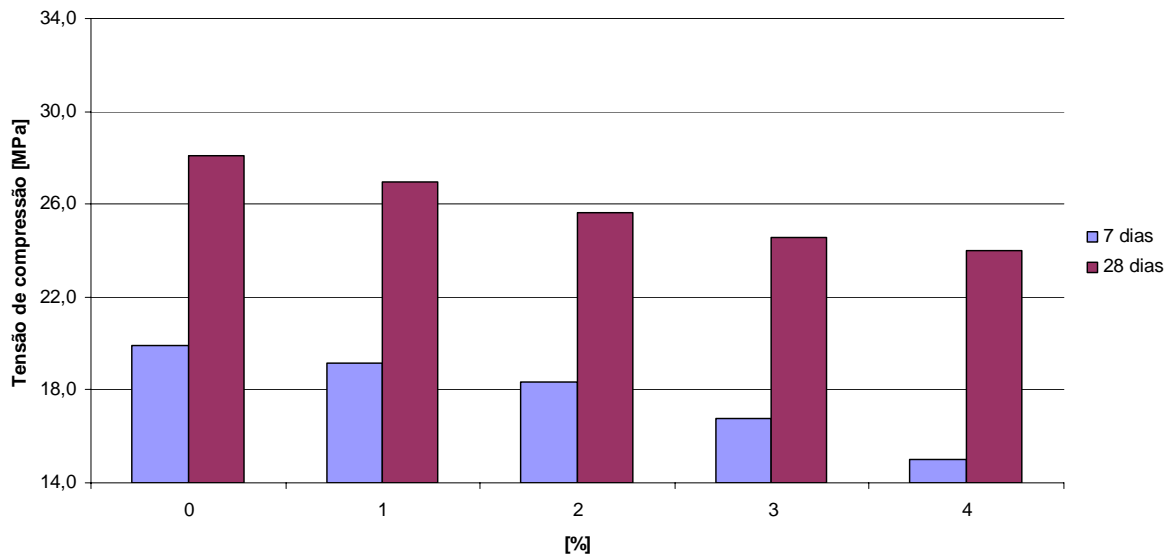


Figura 5. Resistência à compressão para 7 dias e 28 dias com latex [MPa].

3.2 Resistência à tracção

Os resultados das resistências à tracção de todas as combinações realizadas encontram-se nos 'Quadros 3 e 4' e nas 'Figs 7 e 8' seguintes.

Quadro 3. Resultados de resistência à tração para 7 dias [MPa].*

Latex [%]		0	1	2	3	4
Biopolímero [%]	0	2,33	2,41	2,49	2,56	2,69
	1	2,33*	2,40	2,53	2,49	2,55
	2	2,25	2,46	2,75	2,51	2,48
	3	2,35	2,45	2,42	2,30	2,28
	4	2,36	2,33	2,19	2,23	2,05

Obs.: * os valores em itálico correspondem às interpolações dos valores experimentais obtidos.

Quadro 4. Resultados de resistência à tração para 28 dias [MPa].*

Latex [%]		0	1	2	3	4
Biopolímero [%]	0	3,27	3,33	3,49	3,49	3,37
	1	3,14*	3,24	3,48	3,63	3,41
	2	2,92	3,20	3,58	3,33	3,22
	3	2,96	3,06	3,04	2,88	2,85
	4	2,89	2,86	2,63	2,66	2,46

Obs.: * os valores em itálico correspondem às interpolações dos valores experimentais obtidos.

Análise idêntica pode ser feita neste caso, em que se observa um incremento de 18 % na resistência para as percentagens de 2 % de cada um dos polímeros aos 7 dias ('Fig. 7') e de 11 % para 3 % de latex e 1 % de biopolímero para a idade de 28 dias ('Fig. 8').

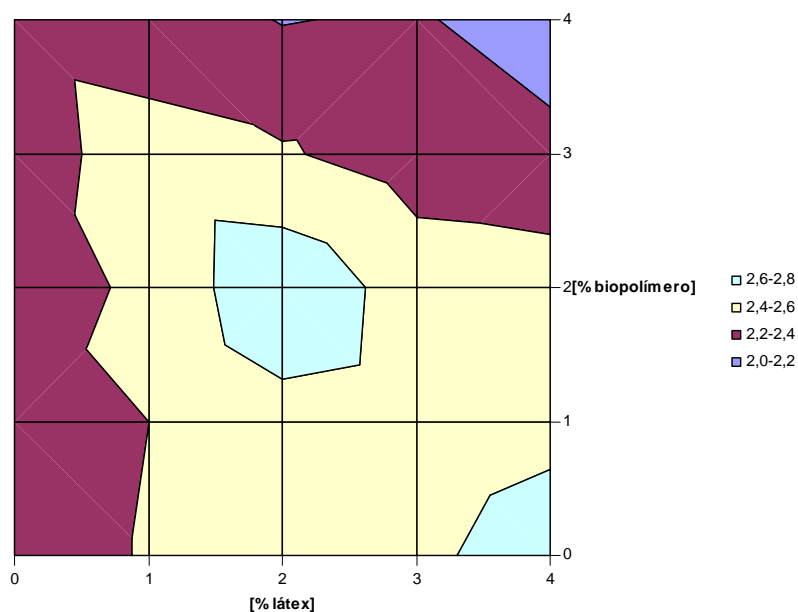


Figura 7. Resistência à tração para 7 dias [MPa].

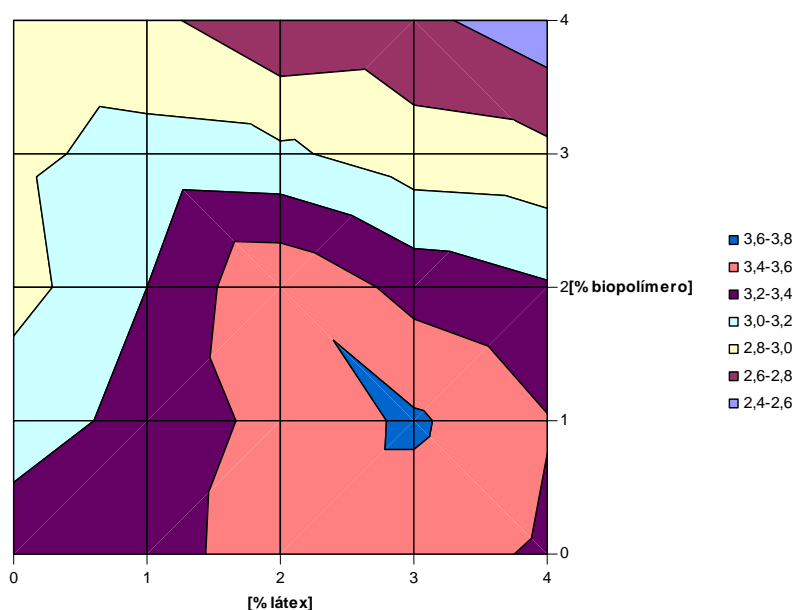


Figura 8. Resistência à tração para 28 dias [MPa].

No caso da resistência à tracção, o ponto óptimo dos resultados se afasta um pouco do ponto obtido para o caso da resistência à compressão. Naquela condição o ponto óptimo se mantinha para as duas idades, mas para a resistência à tracção se tem uma faixa que se estende de 2 % de cada polímero até a condição de 3 % de latex e 1 % de biopolímero.

Assim, a escolha da percentagem ideal dos dois polímeros deve se dar em função da finalidade do betão. Para betões destinados à condições em que predominam tensões de compressão 3 % de biopolímero e 1 % de latex é recomendável, enquanto que para tensões de tracção, o ideal situa-se em torno de 3 % de latex e 1 % de biopolímero.

De qualquer forma, a ordem de grandeza da resistência à tracção dos betões ainda é muito pequena quando comparada com a resistência à compressão, o que implica na necessidade do emprego de armaduras.

5. CONCLUSÕES

As duas propriedades mecânicas avaliadas mostraram-se sensíveis às incorporações poliméricas. O efeito de cada uma separadamente não foi muito interessante, pois o acréscimo de resistência à compressão para o caso do biopolímero foi de apenas 8 % e para o caso do latex houve redução de 14 %. O latex não deve ser empregado em betões para aumento de resistência à compressão.

O efeito desejado da interacção entre o biopolímero e o latex foi observado, pois a resistência mecânica foi acrescida quando os dois estiveram presentes, principalmente para as combinações que variaram entre 1 % e 3 % de cada um dos polímeros.

A avaliação da microestrutura dos betões preparados está sendo realizada para que se possa entender do ponto de vista da formação de fases, de que forma os polímeros interagiram com as fases hidratadas do cimento Portland. Além disso, ensaios de resistividade, absorção de água,

permeabilidade e penetração de íons cloretos estão em andamento para verificação da durabilidade dos betões incorporados com os polímeros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, Brasil pelo apoio financeiro parcial e também à Universidade do Minho pelo apoio financeiro logístico.

REFERÊNCIAS

- [1] MEHTA, Povindar Kumar and MONTEIRO, Paulo José Melaragno - Concrete: microstructure, properties and materials. 3th ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2005.
- [2] QUEIROGA, Marcos Vinícius M. de - Concreto de alta resistência: propriedades, características e experimentações. 1 ed. Canoas: Editora da ULBRA, 2000.
- [3] HEWLETT, Peter C. [et al] - Lea's chemistry of cement and concrete. 4th ed. Burlington: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2004.
- [4] BEZERRA, Ulisses Targino - Compósitos Portland-biopolímero para cimentação de poços de petróleo. Tese de Doutorado. Natal: UFRN. 269 p. 2006.
- [5] LORENZI, Alexandre e NESVIJSKI, Edouard Grigorievich - Planejamento matemático de experimentos para análise do concreto nas idades iniciais: modelo Box-Behnken. In: 43º Congresso Brasileiro do Concreto, 2001. Foz do Iguaçu. Anais.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassas e concretos – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. NBR 7222. Rio de Janeiro: 1994. 3 p.
- [7] INTERNATIONAL CONGRESS ON POLYMERS IN CONCRETE VII - ICPIC VII. Working papers. San Francisco: ACI, 1991. September 24-27.
- [8] NELSON, Erik B. Well cementing. Houston: Dowell Schlumberger Educational Services, 1990.
- [9] OHAMA, Y. Polymer-based admixtures. In: Cement and Concrete Composites. v. 20, p. 189-212, 1998.
- [10] TAYLOR, H. F. W. Cement chemistry. 2th ed. New York: Thomas Telford, 2003.
- [11] YOKOYAMA, Atsuro *et al.* Development of calcium phosphate cement using chitosan and citric acid for bone substitute materials. In: Biomaterials, 2002. v. 23. p. 1091-1101.