



5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

DETERMINAÇÃO DO PONTO DE CARGA ZERO COMO CARACTERÍSTICA IMPORTANTE NO TINGIMENTO DE FIBRAS PROTEICAS

Fernando Giacomini⁽¹⁾; Maira Amanda Benedet Menegazzo⁽²⁾; Andreia Bortoluzzi da Silva⁽³⁾; Márcia Gomes da Silva⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Araranguá – SC; fernando.giacomini@ifsc.edu.br

⁽²⁾ Estudante; Universidade Estadual de Maringá; Maringá – PR; mmenegazzo@outlook.com

⁽³⁾ Professora; Universidade Estadual de Maringá; Goioerê – PR; andreiabortoluzzi@hotmail.com

⁽⁴⁾ Professora; Universidade Estadual de Maringá; Goioerê – PR; mgsilva4@uem.br

Resumo

O ponto de carga zero é uma característica eletrocinética relacionada aos materiais anfóteros, como as fibras proteicas, cujo conhecimento é crucial para os processos de tingimento das mesmas. Esta característica influencia na adsorção de corantes ácidos aplicados no tingimento das fibras de seda e lã. Durante o tingimento a carga iônica das fibras proteicas é dependente do pH do banho em que se encontram. No pH correspondente ao ponto de carga zero (pH_{PCZ}), a fibra proteica possui carga neutra. Em presença de um banho com pH inferior ao pH_{PCZ} , a fibra fica carregada positivamente e pode formar ligações iônicas com as moléculas de corante que estão carregadas negativamente. Neste artigo, o pH correspondente ao ponto de carga zero foi determinado pelo método denominando “experimento dos 11 pontos”. Este método necessita de um aparato experimental mais simples e acessível do que os métodos utilizados na determinação do ponto isoelétrico, uma outra característica eletrocinética correlata dos materiais anfóteros. Para a fibra de seda e lã, foram encontrados pH_{PCZ} iguais a 3,8 e 6,3 respectivamente. Tingimentos com corante ácido foram realizados com valores de pH acima e abaixo do pH_{PCZ} . As amostras tingidas em pH menor que o pH_{PCZ} , apresentaram maior intensidade colorística, evidenciando a formação de ligações iônicas entre corante e fibra. Já as amostras tingidas em pH maior que o pH_{PCZ} , resultaram em menor intensidade colorística. Estes resultados comprovam a importância de se conhecer o pH_{PCZ} das fibras proteicas e assim, determinar o melhor pH de tingimento das mesmas.

Palavras-chave: Seda. Lã. Tingimento.

DETERMINATION OF POINT OF ZERO CHARGE OF PROTEIN FIBERS AS AN IMPORTANT CHARACTERISTIC FOR DYEING OF PROTEIN FIBERS

Abstract

The point of zero charge is an electrokinetic characteristic related to amphoteric materials such as protein fibers, whose knowledge is crucial for the dyeing processes of the same. This characteristic influences the adsorption of acid dyes applied in dyeing of silk and wool fibers. During the dyeing the ionic charge of the protein fibers is dependent of the pH of the bath in which they are. In the pH corresponding to the point of zero charge (pH_{PZC}), protein fiber has a neutral charge. In the presence of a bath whose pH is lower than pH_{PZC} , the fiber is positively charged and can thus form ionic bonds with the dye molecules that are negatively charged. In this article, the pH corresponding to the point of zero charge was determined by a calling method "experiment of 11 points". This method requires a simpler experimental apparatus and accessible than the methods used in determining the isoelectric point, another related electrokinetic characteristic of amphoteric materials. For silk fiber and wool were found pH_{PZC} equal to 3.8 and 6.3 respectively. Dyeing with acid dye were carried out at pH values

above and below the pH_{PZC} . The samples dyed at pH lower than pH_{PZC} showed higher color strength indicating the formation of ionic bonds between dye and fiber. The dyed samples at pH greater than pH_{PZC} , resulted in lower color strength. These results demonstrate the importance of knowing the pH_{PZC} of protein fibers and thus determine the best dyeing pH of the same.

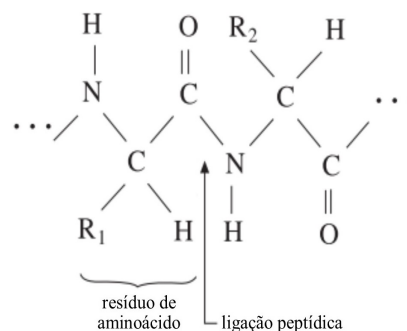
Key words: Silk. Wool. Dyeing.

1. Introdução

A seda e a lã são classificadas como fibras animais, sendo a seda produzida por secreção glandular da larva do bicho-da-seda (*Bombyx mori*) e a lã oriunda dos folículos pilosos presentes na pele dos ovinos. Estas fibras são designadas como fibras proteicas, pois tanto os filamentos da seda como os pelos dos animais são compostos de proteínas (NEEDLES, 1986).

As proteínas são formadas pela polimerização de uma mistura de aminoácidos (com a fórmula geral $NH_2 \cdot CHR \cdot COOH$) por meio de ligações peptídicas ($-CO-NH-$), resultando em moléculas com uma longa cadeia de resíduos de aminoácidos, com seus respectivos grupos laterais (R_1 , R_2 etc.) (MORTON; HEARLE, 2008). A estrutura geral dessas moléculas é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura química geral da proteína

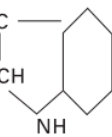


Fonte: adaptado de Morton e Hearle (2008).

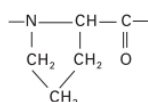
A fibra da seda é composta por dois filamentos compostos pela proteína fibroína envoltos por uma substância gomosa constituída pela proteína sericina. A sericina é amorfa e solúvel em água fervente em soluções de sabão ou álcalis, sendo praticamente toda removida no processo de desengomagem que precede o tingimento (IQBAL, 2008; KARMAKAR, 1999). Já a lã é constituída principalmente de uma proteína denominada queratina (RIPPON, 2013). A sericina e a queratina se distinguem devido à diferente sequência e proporção dos resíduos de aminoácidos presentes nas cadeias polipeptídicas (MORTON; HEARLE, 2008). O Quadro 1 apresenta a proporção entre os grupos laterais dos aminoácidos que constituem a sericina e a queratina.

A presença dos grupos terminais e laterais do tipo ácido como a carboxila e do tipo básico como a amina nas cadeias dessas fibras dão a elas um caráter anfotérico. Assim, estas fibras podem ficar carregadas negativamente ou positivamente conforme o pH do meio em que se encontram, sendo suscetíveis à reação com produtos catiônicos ou aniônicos (BURKINSHAW, 2016).

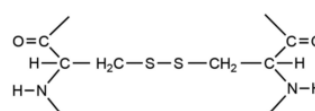
Quadro 1 – Proporção dos grupos laterais dos aminoácidos presentes na fibroína e na queratina.

Tipo	Grupo lateral (R)	Aminoácido	Proporção (mol %)					
			Fibroína			Queratina		
			Burkinshaw (2016)	Mather e Wardman (2015)	Babu (2013)	Burkinshaw (2016)	Mather e Wardman (2015)	Babu (2013)
Inerte	—H	Glicina	42,8	44,6	43,7	8,2	8,4	8,4
	—CH ₃	Alanina	30,0	29,6	28,8	5,4	5,4	5,5
	—CH(CH ₃) ₂	Valina	2,5	2,2	2,2	5,7	5,6	5,6
	—CH ₂ ·CH(CH ₃) ₂	Leucina	0,6	0,5	0,5	7,7	7,7	7,8
	—CH(CH ₃)·CH ₂ ·CH ₃	Isoleucina	0,6	0,7	0,7	3,1	3,1	3,3
Ácido	—CH ₂ ·COOH	Ácido aspártico	1,9	1,3	1,3	6,6	6,5	5,6
	—CH ₂ ·CH ₂ ·COOH	Ácido glutâmico	1,4	1,0	1,0	11,9	11,9	11,3
Básico	—CH ₂ ·CH ₂ ·CH ₂ ·CH ₂ ·NH ₂	Lisina	0,4	0,3	0,3	2,8	2,9	2,6
	—(CH ₂) ₃ ·NH·C(NH)NH ₂	Arginina	0,5	0,5	0,5	6,9	6,9	6,4
	—CH ₂ $\begin{matrix} \text{N:CH} \\ \\ \text{C:CH} \end{matrix}$ NH	Histidina	0,2	0,1	0,2	0,8	0,9	0,9
Hidroxila	—CH ₂ OH	Serina	12,2	12,1	11,9	10,5	10,4	11,6
	—CH(OH)·CH ₃	Treonina	0,9	0,9	0,9	6,3	6,4	6,9
	—CH ₂ ·C ₆ H ₄ OH	Tirosina	4,8	5,2	5,1	4,0	3,8	3,5
Anelar*	—CH ₂ $\begin{matrix} \diagup \\ \text{CH}_2 \\ \diagdown \end{matrix}$ CH ₂	Prolina	0,5	0,4	0,5	7,2	6,6	6,8
Duplo**	—CH ₂ ·S·S·CH ₂ —	Cistina	0,1	0,2	0,2	10,0	10,3	9,8
Diverso	—CH ₂ ·CH ₂ ·S·CH ₃ —CH ₂ ·C $\begin{matrix} \diagup \\ \text{CH} \\ \diagdown \end{matrix}$ 	Metionina Triptofano	0 -	0,1 0,1	- 0,3	0,4 -	0,5 0,5	0,4 0,5

*Encaixa-se na cadeia molecular como:



** Encontra-se entre duas cadeias polipeptídicas como:



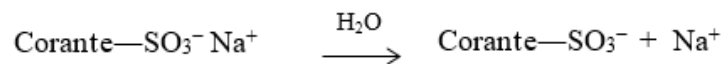
Devido a esta característica anfotérica, torna-se importante determinar as características eletroquímicas das fibras proteicas, pois elas influenciam nas propriedades de adsorção de corantes e aditivos na fibra. Esta caracterização é feita usualmente determinando o pH do ponto isoelétrico (pH_{PIE}) ou o pH do ponto de carga zero (pH_{PCZ}) das fibras (BURKINSHAW, 2016; PUSIĆ et al., 1999).

O pH_{PIE} e o pH_{PCZ} correspondem ao pH da solução, na qual substâncias anfotéricas possuem carga neutra, ou seja, tem o mesmo número de grupos amina catiônicos e carboxila aniônicos (BURKINSHAW, 2016). A determinação dessas duas características se diferencia principalmente pela capacidade de determinação das cargas das superfícies. Enquanto, o pH_{PIE} determina a carga da superfície externa das partículas do adsorvente, o pH_{PCZ} resulta no valor total, ou seja, a carga tanto da

superfície interna quanto da superfície externa (MENÉNDEZ; ILLÁN-GÓMEZ; RADOVIC, 1995).

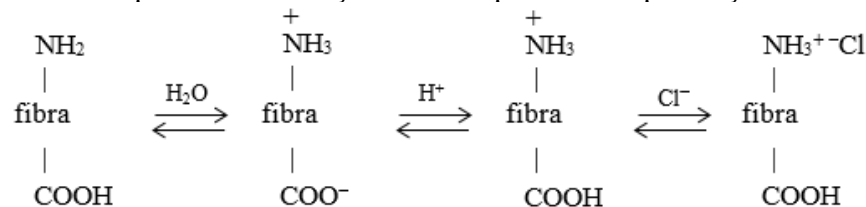
As fibras proteicas devem ser tingidas de preferência em meio ácido, pois são degradadas em meio alcalino. Além disso, melhores resultados para o tingimento são obtidos em condições ácidas, pois tais fibras apresentam pH_{PIE} na região ácida. Dessa forma, essas fibras são tingidas preferencialmente com corantes ácidos, que são assim chamados por serem aplicados em meio ácido. Os corantes ácidos apresentam-se na forma de sais de sódio de ácidos sulfônicos e são, portanto, aniônicos em solução aquosa, conforme mostra a Figura 2 (CHRISTIE, 2001; IQBAL, 2008; UDDIN; HOSSAIN, 2010).

Figura 2 – Esquema de ionização de corantes ácidos em solução aquosa



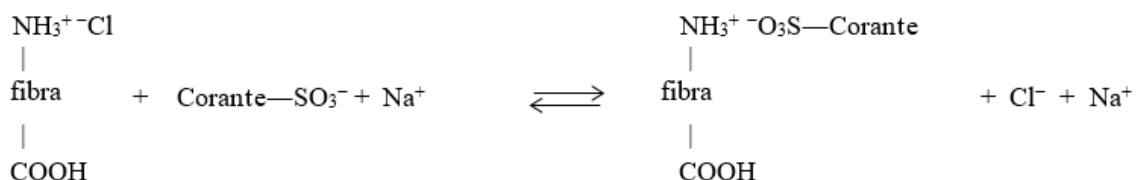
No pH_{PIE} , os grupos amina e carboxila das fibras proteicas são ionizados transformando-se em NH_3^+ e COO^- , respectivamente. À medida que o pH ultrapassa o pH_{PIE} , a fibra torna-se carregada negativamente, como resultado da desprotonação dos grupos amina devido à adição de uma base. Já em um banho de tingimento ácido, conforme esquematizado na Figura 3, ocorre o inverso: à medida que o pH atinge valores inferiores ao pH_{PIE} , os ânions carboxilatos são progressivamente neutralizados pela adsorção de prótons devido à adição de um ácido (ex. HCl), o que provoca a carga positiva na fibra que atrai uma quantidade equivalente de ânions Cl^- do ácido (HUNGER, 2002; SHORE, 2002).

Figura 3 – Esquema de ionização da fibra proteica na presença de um ácido



O processo de tingimento consiste na substituição dos ânions do ácido absorvidos (Cl^-) pelos ânions de corante adicionados (Corante—SO_3^-), conforme mostra a Figura 4, desde que os ânions do corante possuam uma maior afinidade para o substrato do que os ânions de ácido (HUNGER, 2002).

Figura 4 – Esquema de troca iônica no tingimento ácido de fibras proteicas



O pH_{PIE} de fibras têxteis pode ser determinado por métodos eletrocinéticos como a eletroforese, potencial de sedimentação, eletro-osmose e potencial de corrente (BURKINSHAW, 2016). Já com relação ao pH_{PCZ} , não existem relatos na literatura sobre sua determinação para as fibras de seda e lã. Dessa forma, o presente trabalho determinou o pH_{PCZ} de tecidos de seda e lã prontos para tingir por meio do método “experimento dos 11 pontos” que necessita de um aparato experimental simples e



5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

acessível.

2. Metodologia

2.1. Determinação do ponto de carga zero das fibras

Amostras de tecido de seda e de lã prontos para tingir foram reduzidos à fibra triturada por meio de picotamento com tesoura. Estas fibras trituradas foram utilizadas no experimento para a determinação do ponto de carga zero das mesmas. A metodologia empregada foi baseada no método do “experimento dos 11 pontos” proposto por Regalbuto e Robles (2004).

Soluções de cloreto de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ sob 11 diferentes valores de pH inicial (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) foram preparadas usando água deionizada e o pH de cada solução foi ajustado, conforme necessário, com ácido clorídrico ou hidróxido de sódio. Após o ajuste de pH das soluções, foram adicionados 20 mL de cada solução em tubos de ensaio com tampa rosqueável e, em seguida, acrescentados 20 mg de fibra triturada em cada tubo. Os tubos foram tampados e mantidos sob agitação em um banho maria tipo Dubnoff com movimento orbital a uma temperatura controlada de $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Após este período, as soluções foram filtradas em papel filtro qualitativo e os valores do pH final determinados com auxílio de pHmetro de bancada. Todo o procedimento foi realizado em triplicata.

Para cada fibra analisada foi construído um gráfico do pH final versus pH inicial. O pH_{PCZ} de cada fibra foi obtido ao calcular a média entre os pontos do pH final que tendem a um mesmo valor.

2.2. Efeito do ponto de carga zero no tingimento das fibras

Para avaliar o efeito do pH_{PCZ} no tingimento das fibras analisadas, realizou-se o tingimento das fibras de seda e lã com um corante ácido e depois foi determinada a intensidade colorística (K/S) das amostras tingidas por meio do espectrofotômetro de refletância DataColor 550. Para ambas as fibras, foram utilizadas duas amostras de tecido pronto para tingir, em uma dessas amostras o tingimento foi realizado com valor de pH 0,5 unidade menor do que o pH_{PCZ} e a outra amostra foi tingida com valor de pH 0,5 unidade maior do que o pH_{PCZ} .

As amostras foram tintas por processo de esgotamento no equipamento de tingimento em canecas Kimak AT1-SW utilizando 2% spm. de corante ácido *C.I. Acid Blue 324* com uma relação de banho 1:100 na temperatura de $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 40 minutos. O pH das soluções de tingimento foi ajustado com ácido acético e carbonato de sódio, conforme a necessidade. Após o tingimento, as amostras foram enxaguadas em água corrente e secas à temperatura ambiente.

3. Análise dos Resultados

3.1. Determinação do ponto de carga zero das fibras

A Tabela 1 apresenta os valores de pH inicial, pH final, média dos valores de pH final juntamente com o desvio-padrão obtidos nos ensaios utilizando a fibra de seda e de lã. Gráficos com os valores médios do pH final versus os valores de pH inicial juntamente com os desvios-padrão dos pH finais para a fibra de seda e de lã são mostrados nas Figuras 5 a) e b), respectivamente.

Para a fibra de seda os ensaios efetuados com pH inicial de 5 a 8 (ensaios 10 a 21) apresentaram valores de pH final próximos um dos outros, com média igual a 3,838. Já para a fibra de lã, os ensaios



5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

efetuados com pH inicial de 4 a 8 (ensaios 7 a 21) apresentaram valores de pH final aproximados com média igual a 6,259. O pH_{PCZ} obtido para ambas as fibras corresponde à faixa na qual o pH final se mantém constante, independentemente do pH inicial, ou seja, quando a fibra se comporta como um tampão (GUILARDUCI et al., 2006).

De acordo com Rouette et al. (2001), o pH_{PIE} depende da proporção entre grupos carboxila e amino ionizados. Um pH_{PCZ} na região ácida já era esperado para ambas as fibras, pois as duas proteínas apresentam uma maior proporção de grupos laterais ácidos em relação aos grupos laterais básicos. Conforme pode ser verificado no Quadro 1, o total de grupos laterais ácidos na fibroína e na queratina é, em média, cerca de duas vezes maior que o dos grupos laterais básicos.

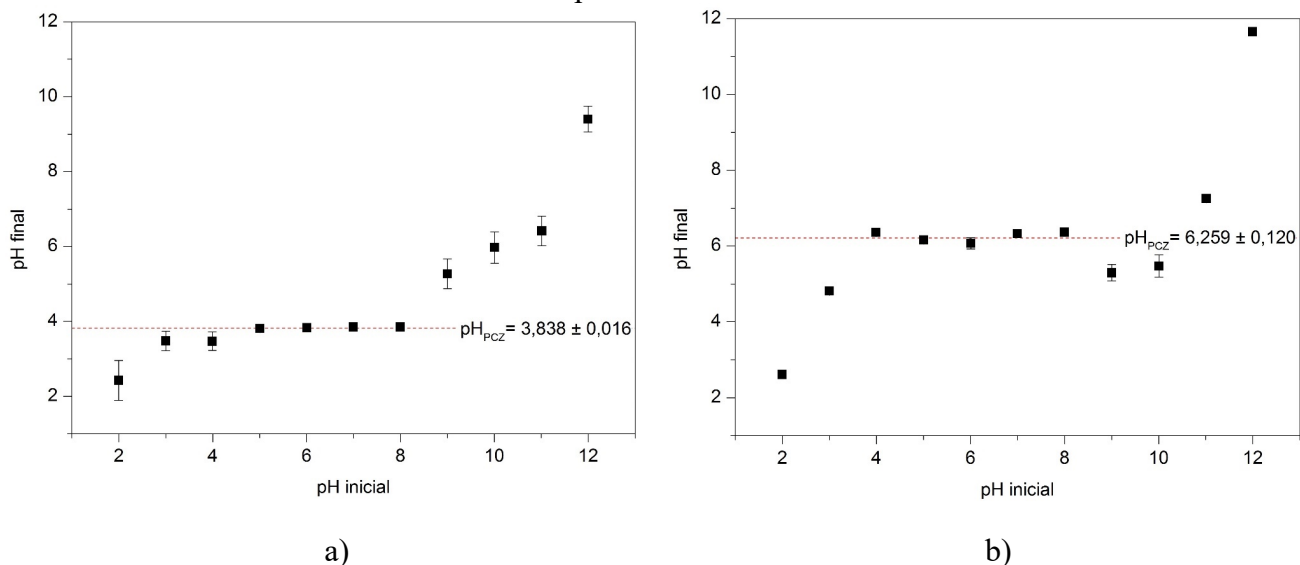
Porém a carga que um material de proteína, tal como a seda e a lã, apresenta a um dado valor de pH não depende só do número de grupos laterais que possuem grupos $-NH_2$ e $-COOH$, mas também dos valores de pK_a desses grupos. O valor do pK_a representa o grau de ionização, quanto menor o pK_a da função química, mais esta se dissocia em solução aquosa, tornando a solução mais ácida, ou seja, liberando mais prótons na forma de H^+ .

Tabela 1 – Valores de pH inicial, pH final, média e desvio-padrão dos pH finais para os ensaios com a fibra de seda e de lã

Ensaio	pH inicial	Seda			Lã		
		pH final	Média do pH final	Desvio-padrão	pH final	Média do pH final	Desvio-padrão
1	1,998	3,177	2,423	0,533	2,616	2,614	0,029
2		2,048			2,648		
3		2,043			2,578		
4	3,009	3,542	3,479	0,259	4,784	4,815	0,027
5		3,760			4,850		
6		3,134			4,811		
7	3,993	3,812	3,469	0,244	6,443	6,363	0,105
8		3,262			6,214		
9		3,332			6,431		
10	4,996	3,761	3,814	0,037	6,123	6,163	0,069
11		3,839			6,105		
12		3,842			6,260		
13	6,008	3,834	3,832	0,008	5,868	6,071	0,145
14		3,841			6,153		
15		3,822			6,193		
16	7,006	3,822	3,852	0,036	6,370	6,330	0,106
17		3,830			6,185		
18		3,903			6,435		
19	8,008	3,839	3,852	0,014	6,428	6,368	0,060
20		3,847			6,390		
21		3,871			6,286		
22	9,002	4,975	5,267	0,394	5,061	5,294	0,215
23		5,003			5,242		
24		5,824			5,579		
25	10,000	5,596	5,974	0,418	5,887	5,473	0,293
26		5,769			5,273		
27		6,556			5,259		
28	11,005	6,511	6,416	0,398	7,272	7,252	0,014
29		5,888			7,244		

30		6,848			7,240		
31	12,010	9,62	9,401	0,342	11,644	11,653	0,043
32		9,665			11,605		
33		8,917			11,710		

Figura 5 – Valores médios de pH final versus pH inicial a) obtidos para a fibra de seda e b) obtidos para a fibra de lã



Segundo Pace et al. (2009), o grupo funcional $-\text{COOH}$ dos aminoácidos ácido aspártico e ácido glutâmico apresenta um valor de pK_a igual a 3,9 e 4,3, respectivamente. Já o grupo funcional $-\text{NH}_2$ dos aminoácidos lisina, arginina e histidina apresenta pK_a igual a 10,4, 12,3 e 6,5, respectivamente.

A um pH baixo, os grupos ionizáveis de ácido aspártico e do ácido glutâmico estão na forma não ionizada ($-\text{COOH}$), mas os grupos da lisina e arginina e a histidina estão na forma protonada ($-\text{NH}_3^+$). Com o aumento do pH, a proteína começa a perder prótons, devido à ionização dos grupos carboxila e estes grupos aniônicos decorrentes reduzem a carga positiva líquida da proteína. A pH 3,9 (o pK_a dos grupos $-\text{COOH}$ nos resíduos de ácido aspártico), os grupos carboxila estão 50% ionizados. Com a continuação do aumento do pH, mais prótons são perdidos, até que no pH 6,5 (o pK_a dos grupos $-\text{NH}_2$ nos resíduos da histidina) metade dos grupos $-\text{NH}_3^+$ da histidina perdem prótons. Dessa forma, na faixa de pH 3,9 a 6,5, o número de grupos positivos e negativos tendem a serem iguais. Assim, a proteína irá transportar uma carga líquida igual a zero, sendo esta a faixa do pH_{PCZ} da sericina e da queratina.

Ao aumentar mais o pH do meio, mais prótons são perdidos, sendo que no pH 10,4 (o pK_a dos grupos $-\text{NH}_2$ nos resíduos da lisina) metade dos grupos $-\text{NH}_3^+$ perdem prótons. Os resíduos de arginina mais básicos (grupos $-\text{NH}_2$ com $pK_a = 12,3$) começam a perder prótons a valores de pH mais elevados.

Não foram encontrados na literatura estudos referentes à determinação do pH_{PCZ} para fibra de seda e lã. No entanto, os valores do pH_{PCZ} obtidos podem ser correlacionados com os valores de pH_{PIE} , uma vez que a definição dessas duas características é parecida. Para a seda, o valor do pH_{PCZ} igual a 3,8 correspondeu exatamente ao pH_{PIE} da fibroína determinado por Kan (2008) utilizando a técnica de determinação do potencial zeta. Ainda de acordo com Ayub et al. (1993) e Ayub e Kume (1990) o pH_{PIE}



5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

da fibroína situa-se entre 3,8 – 3,9. Já para a fibra de lã, o valor do pH_{PCZ} igual a 6,3 ficou dentro da faixa do pH_{PIE} da lã indicado por Trotman (1970) e Rouette et al. (2001) situada entre 4,8 a 7. Conforme Pusić et al. (1999), o pH_{PIE} não é uma constante física, uma vez que depende do grau de impurezas, aditivos, preparações e acabamentos aplicados na fibra, isto explica a variação nos valores do pH_{PIE} .

3.2. Efeito do ponto de carga zero no tingimento das fibras

Os valores da intensidade colorística (K/S) e coloração obtidos nos tingimentos das amostra de tecido de seda e lã com pH acima e abaixo do pH_{PCZ} são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Intensidade colorística e coloração obtidos nos tingimentos de seda e lã em pH acima e abaixo do pH_{PCZ} .

Fibra	pH_{pcz}	pH de tingimento	Intensidade Colorística (K/S)	Coloração
Seda	3,838	3,3	8,29	
		4,3	2,05	
Lã	6,259	5,8	10,79	
		6,8	8,68	

No pH menor que o pH_{PCZ} , o nitrogênio dos grupos amina situados nas cadeias polipeptídicas das fibras adsorvem íons de hidrogênio criando sítios de carga positiva. Estes sítios têm uma forte atração para corantes aniônicos como os corantes ácidos, fazendo com que a adsorção do corante aumente consideravelmente. Como no tingimento a intensidade colorística (K/S) está diretamente relacionada à quantidade de corante absorvida pelo tecido, os tingimentos realizados em pH menor que o pH_{PCZ} apresentaram maiores valores de K/S do que os tingimentos realizados em pH maiores que o pH_{PCZ} .

Já no pH maior que o pH_{PCZ} , a fibra apresenta sítios carregados negativamente, como resultado da desprotonação dos grupos amina devido à adição de uma base. Estes sítios negativos repelem as moléculas aniônicas do corante ácido, causando uma menor adsorção do mesmo e consequentemente menores valores de intensidade colorística. Porém, além destas forças da atração iônicas, forças de Van der Waals e de ligação hidrogênio entre a funcionalidade adequada das moléculas de corante e da fibra, também podem desempenhar um papel no tingimento ácido de fibras proteicas (CHRISTIE, 2001; HUNGER, 2002; ROUETTE; LINDNER; SCHWAGER, 2001). Este fato explica o tingimento das fibras em pH maior que o pH_{PCZ} .

4. Conclusão

O conhecimento do pH do ponto de carga zero das fibras de seda e lã revelou-se de grande importância para a realização de processos a úmido, como o tingimento. A partir do seu valor foi possível conhecer o tipo de carga iônica que as fibras continham quando imersas no banho de tingimento. A determinação desta característica eletrocinética a partir do método “experimento dos 11 pontos” mostrou-se simples e acessível, pois necessita de equipamentos comuns de laboratório, como pHmetro de bancada e banho maria tipo Dubnoff.

Para a fibra de seda e lã, foram encontrados pH_{PCZ} na região ácida correspondentes a 3,8 e 6,3 respectivamente. Estes valores na região ácida devem-se ao fato de a sericina da seda e a queratina da lã apresentarem uma maior proporção de grupos laterais ácidos em relação aos grupos laterais básicos. Além disso, os grupos ácidos por possuírem valores de pK_a menores do que os grupos básicos, tornam-



5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

se dissociados em soluções aquosa, liberando mais H^+ de forma a tornar o meio líquido mais ácido.

As amostras de seda e de lã tingidas em pH inferior ao pH_{PCZ} , apresentaram maior intensidade da cor, evidenciando a maior adsorção do corante devido à formação de ligações iônicas entre o corante e a fibra. Já as amostras tingida em pH superior ao pH_{PCZ} , pelo contrário, resultaram em menor intensidade da cor, ou seja, menos adsorção do corante. Estes resultados comprovam a importância de se conhecer o ponto de carga zero dessas fibras e assim, determinar o melhor pH de tingimento das mesmas.

5. Referências

AYUB, H.; ARAI, M.; HIRABAYASHI, K. Mechanism of the gelation of fibroin solution. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 57, n. 11, p. 1910–1912, 1993.

AYUB, Z. H.; KUME, Y. Gleation of silk fibroin. **Trasaction**, v. 46, n. 11, p. 93–96, 1990.

BABU, K. M. **Silk: Processing, Properties and Applications**. Oxford: Woodhead Publishing, 2013.

BURKINSHAW, S. M. **Physico-chemical Aspects of Textile Coloration**. West Yorkshire: John Wiley & Sons, 2016. v. 53

CHRISTIE, R. M. **Colour Chemistry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2001.

GUILARDUCI, V. V. S.; MESQUITA, J. P.; MARTELLI, P. B.; GORGULHO, H. F. Adsorção de fenol sobre carvão ativado em meio alcalino. **Química nova**, v. 29, n. 6, p. 1226–1232, 2006.

HUNGER, K. **Industrial Dyes: Chemistry, Properties, Applications**. Weinheim, FRG: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2002.

IQBAL, M. **Textile Dyes**. Karachi: Rahber Publishers, 2008.

KAN, C. Electrokinetic Study of Water Hardness during Acid Dyeing with Silk. **Fibres & textiles in Eastern Europe**, v. 16, n. 3, p. 99–101, 2008.

KARMAKAR, S. R. **Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles**. 1st. ed. Amsterdam: Elsevier, 1999.

LEWIN, M. **Handbook of Fiber Chemistry**. 3 rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007.

MATHER, R. R.; WARDMAN, R. H. **The chemistry of textile fibres**. 2 nd ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2015.

MENÉNDEZ, J.; ILLÁN-GÓMEZ, M.; RADOVIC, L. On the difference between the isoelectric point and the point of zero charge of carbons. **Carbon**, v. 33, n. 11, p. 1655–1657, 1995.

MORTON, W. E.; HEARLE, J. W. S. **Physical properties of textile fibres**. 4th. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2008.

NEEDLES, H. L. **Textile Fibers, Dyes, Finishes, and Processes: A Concise Guide**. New Jersey:



5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

Noyes Publications, 1986.

PACE, C. N.; GRIMSLEY, G. R.; SCHOLTZ, J. M. Protein ionizable groups: pK values and their contribution to protein stability and solubility. **Journal of Biological Chemistry**, v. 284, n. 20, p. 13285–13289, 2009.

PUSIĆ, T.; GRANCARIĆ, A. M.; SOLJAČIĆ, I.; RIBITSCH, V. The effect of mercerisation on the electrokinetic potential of cotton. **The Society of Dyers and Colourists**, v. 115, p. 121–124, 1999.

REGALBUTO, J. R.; ROBLES, J. O. **The engineering of Pt/Carbon Catalyst Preparation for application on Proton Exchange Fuel Cell Membrane (PEFCM)**. Progress report. University of Illinois. Chicago. p. 4-7, 2004.

RIPPON, J. A. The structure of wool. In: LEWIS, D. M.; RIPPON, J. A. (Eds.). . **The coloration of wool and other keratin fibres**. Oxford: John Wiley & Sons, 2013.

ROUETTE, H. K.; LINDNER, A.; SCHWAGER, B. **Encyclopedia of Textile Finishing**. Aachen: Springer, 2001.

SHORE, J. **Colorants and auxiliaries: Volume 1 - Colorants**. 2nd. ed. Hampshire: Society of Dyers and Colourists, 2002. v. 1

TROTMAN, E. R. **Dyeing and chemical technology of textile fibres**. 4. ed. London: Charles Griffin, 1970.

UDDIN, K.; HOSSAIN, S. A comparative study on silk dyeing with acid dye and reactive dye. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 10, n. 6, p. 1–6, 2010.