

BIOSTUDIO: TINGIMENTO DE TECIDOS ORGÂNICOS COM BACTÉRIAS

BioStudio: dyeing organic fabrics using bacterias

Abreu, Breno; Msc; UnB, abreubreno@yahoo.com.br¹
Lima, Gláucia; Dr^a; UFPE, gmslima@yahoo.com.br²
Nóbrega, Christus; Dr; UnB, christusnobrega@gmail.com³

Resumo

O biodesign utiliza organismos vivos no processo produtivo ou no próprio produto final entregue ao usuário com o objetivo de tornar a indústria mais sustentável. Baseado nesta ideia, a presente pesquisa busca a interdisciplinaridade entre biodesign e moda, para inovar a indústria têxtil utilizando actinobactérias para realizar o tingimento de tecidos orgânicos.

Palavras chave: Biodesign; tingimento; actinobactérias; moda; sustentabilidade.

Abstract

Biodesign employs living organisms on the production or composition of products offered to the user with the aim of turning industry more sustainable. Based on this idea, this research relates the interdisciplinarity between Biodesign and Fashion, to promote innovation in textile industry using actinobacteria to dye organic fabrics.

Keywords: biodesign; dyeing; actinobacteria; fashion; sustainability.

Introdução

Biologia e design têm interagido como uma possibilidade para buscar soluções inovadoras para serviços e produtos, como é o caso da biomimética. O princípio da biomimética aplicada ao design, está em observar a natureza e tentar fazer analogias para a projeção de produtos, com a finalidade de encontrar soluções possíveis, inesperadas e viáveis. (LACERDA; SORANSO; FANGUEIRO,2012).

A observação da natureza com a finalidade de fazer analogias formais e funcionais foi estabelecida como método biomimético em 1957, termo utilizado pela

¹ Possui graduação em Ciências Biológicas pela UnB (2006), graduação em Desenho Industrial pela UnB (2010), Pós-graduação em Artes Visuais pelo SENAC e Mestrado em Design, Cultura e Sociedade pela UnB. Atualmente é professor nos cursos de Design de Interiores, Design de Moda e Arquitetura do IESB.

² Possui graduação em Ciências Biomédicas pela UFPE (1999), mestrado em Biotecnologia de Produtos Bioativos pela UFPE (2002) e doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Molecular) pela UnB (2009). Atualmente é professor adjunto I da UFPE.

³ Professor Adjunto do Departamento de Artes Visuais (VIS), da UnB. Doutor e Mestre em Arte pela UnB, na linha de pesquisa Arte e Tecnologia. Possui graduação em Desenho Industrial pela Universidade Federal da Paraíba (2000). É professor no curso de Pós-Graduação em Design da UnB.

primeira vez por Otto H. Schmidt. Janine Benyus, grande estudiosa da área e fundadora do *Biomimicry Institute*, divide a biomimética em três áreas de estudo: a natureza como modelo; a natureza como medida; e a natureza como mentora.

Seguindo ainda os pensamentos de Benyus (2012), “Os seres vivos mantêm um equilíbrio dinâmico, utilizando os recursos naturais sem desperdício”, assim o homem poderia seguir seu exemplo em repensar os processos industriais como ecossistemas, onde toda sobra se torna matéria prima para outro processo.

Os projetos biomiméticos aplicados ao vestuário geralmente são desenvolvidos pela tecnologia têxtil baseado em analogias de modelos bem resolvidos pela natureza, mas nem sempre se tratam de produtos orgânicos, fixando-se apenas em aspectos funcionais e estéticos dos tecidos. É necessário repensar esse modelo de produção em condições favoráveis a vida, em temperatura ambiente, sem alterar a pressão e não utilizando produtos químicos agressivos.

Mais recentemente, da interação biologia e design, surgiu a área do biodesign, caracterizada por projetos de design que utilizam organismos vivos como parte integrante do processo produtivo ou do produto final, agregando a tecnologia de ponta da natureza à procura de soluções para a vida contemporânea (MYERS, 2012).

Segundo Lasky (2013), uma das grandes vantagens do biodesign é que o produto final, após esgotada a sua utilização, pode retornar integralmente a natureza e ser reabsorvido pela decomposição dos seus componentes no ciclo de nutrientes da natureza.

Quando relacionadas ao vestuário, as pesquisas de biodesign geralmente se restringem ao desenvolvimento de materiais têxteis baseados na observação de formas e funções de várias espécies de seres vivos. No entanto, o presente trabalho tem como objetivo incorporar bactérias na produção de tecidos diversos, ou em processos de beneficiamento, buscando inovação para a indústria têxtil e de moda.

Mais especificamente, a pesquisa procura identificar diferentes linhagens bacterianas que possam ser utilizadas para o tingimento do tecido; testar diferentes tecidos orgânicos como base; verificar se é possível realizar a lavagem e passagem do material após a incorporação das bactérias.

Por apresentar um caráter exploratório e interdisciplinar, este trabalho apresenta uma metodologia flexível, em alguns momentos experimental e em outros descritiva, com análise de dados qualitativo. A técnica de pesquisa foi uma documentação direta, intensiva e de observação sistemática em laboratório, com registro fotográfico.

A escolha das bactérias para a realização destes experimentos se dá primeiramente por ser um microrganismo ubíquo, com tempo de crescimento relativamente curto e especificamente as actinobactérias por terem uma boa relação

com o ser humano, produzem pigmento, apresentarem textura e terem algumas espécies não patogênicas.

Já a escolha pelo processo de tingimento se deu pela produção de pigmento pela bactéria e porque esse é um tema importante para a indústria têxtil devido à grande poluição e desperdício de água causado por esse processo.

Segundo SILVA (2001), a tecnologia atual de tingimento consiste de várias etapas e que são escolhidas de acordo com a natureza da fibra têxtil, características estruturais, classificação e disponibilidade de corante, fixação compatível com o destino do material a ser tingido, preço e vários outros critérios. Durante o tingimento, a fixação do corante, a proporção da quantidade de água e a necessidade de aquecimento são críticos durante esse processo. Um ideal de sustentabilidade seria usar um corante que requeresse menor quantidade de água, alta fixação, diminuindo a quantidade de químicos auxiliares no processo e a ausência de aquecimento, minimizando a energia gasta no processo.

A coloração natural é um desafio devido à dificuldade da reprodutibilidade da cor, a produção em larga escala e a estabilidade da cor, mas segundo Fletcher (2011), esse tipo de coloração não pretende atender os padrões que a indústria impõe.

A bactéria selecionada para esta pesquisa, actinobactéria, é um filo importante de bactérias Gram-positivas, aeróbicas e em sua maioria não patogênicas, encontradas no solo ou em matéria vegetal, com importância econômica na produção de antibióticos e enzimas para a indústria. (MADIGAN et al., 2010). Neste trabalho, a maioria dos microrganismos pertencem ao gênero *Streptomyces*, que formam filamentos ramificados e são pouco exigentes nutricionalmente.

A ecologia dos estreptomicetos ainda é pouco conhecida, mas acredita-se que a produção de antibióticos está relacionada ao processo de esporulação porque esse fenômeno ocorre quando em meios com esgotamento de nutrientes, os organismos formam os esporos e produzem o antibiótico para diminuir a competição e aumentar a chance de perpetuação da espécie (MADIGAN et al., 2010). É também durante o processo de esporulação que é produzido o pigmento.

Para os experimentos, seis linhagens de actinobactérias foram selecionadas (G27, G28, G29, G78, G85 e JUA183), extraídas do solo da caatinga de Pernambuco. Depois destas actinobactérias selecionadas serem recebidas da Coleção de Microrganismos do Laboratório de antibióticos da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), as linhagens preservadas foram primeiramente inoculadas (colocadas para crescer) em pré-inóculos de 50 mililitros (mL) de meio ISP-3 líquido (20 gramas de farinha de aveia, 1 mL de solução de traço de sais e 1000 mL de água destilada), e cultivadas sob agitação 180 rotações por minuto (rpm) por cinco dias a 37°C.

Materiais e métodos

Iniciaram-se os estudos pela análise da interação entre actinobactérias e tecidos. Como a bactéria é filamentosa, acreditava-se que essas bactérias poderiam se associar ao tecido, dotando-os de algumas propriedades como cor e resistência ao crescimento de outras bactérias.

Estes primeiros testes foram feitos utilizando-se discos de tecido cambraia (100% algodão) em contato com as actinobactérias selecionadas e crescidas em meio líquido e sólido⁴, com ou sem agitação e com contato direto ou indireto.

Foram realizadas fotografias e microscopia óptica para avaliar a coloração do tecido e a interação entre as bactérias e as fibras do tecido. Além disso, algumas amostras foram lavadas para testar a fixação do corante.

Tingimento em meio sólido em placa de Petri⁵

Os seis isolados de actinobactéria selecionados, após realizado o pré-inóculo como mencionado anteriormente, foram inoculados com o auxílio da alça de Drigalski⁶ em placas de Petri com 90 mm de diâmetro preparadas de duas maneiras diferenciadas que aqui neste subtópico foram separados em experimento TOP e experimento SAND.

Essas nomenclaturas dos experimentos foram dadas devido ao local de inoculação do microrganismo, no topo do meio de cultura (TOP) e entre camadas de meio de cultura, como em uma espécie de sanduiche (SAND).

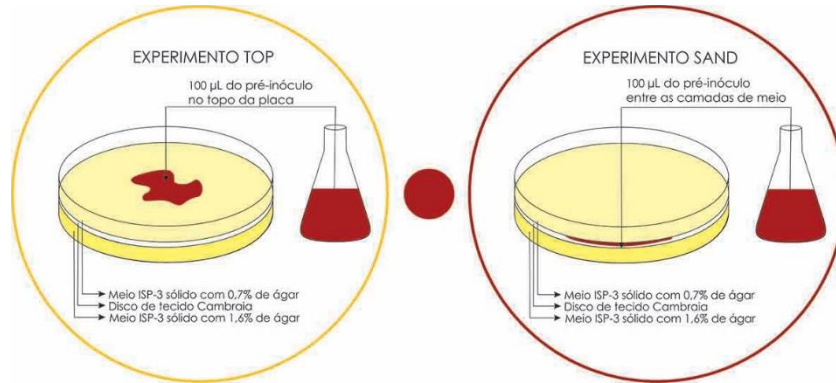
Ambos apresentavam 20 mL de meio de cultura ISP-3 com 1,6% de Ágar, um disco de tecido (cambraia) de 80 mm de diâmetro e uma segunda camada de meio ISP-3 com 0,7% de Ágar. A diferença entre os dois experimentos foi o local onde foi depositada a amostra de 100 µL (microlitros) de bactéria coletada do pré-inóculo. No experimento TOP, as bactérias foram inoculadas sob a segunda camada de meio, no topo da placa; já no experimento SAND o inóculo foi realizado sobre o tecido, entre as duas camadas de meio. A ilustração das placas dos dois experimentos pode ser vista a seguir na figura 1. As Placas foram crescidas durante 5 dias em estufa a 37°C.

⁴ Meio de cultura: solução aquosa ou sólida contendo nutrientes, adequada para o crescimento do microrganismo.

⁵ Placa de Petri: Peça de vidro ou plástico, de formato plano com bordas verticais. São utilizadas principalmente para desenvolver meios de cultura bacteriológicos e para reações em escala reduzida.

⁶ Alça de Drigalski: espalhador de células, descartável, estéril, em forma de L, especialmente desenvolvido para facilitar a distribuição do material em placa de cultura.

Figura 1: Demonstração dos inóculos nos experimentos TOP e SAND.

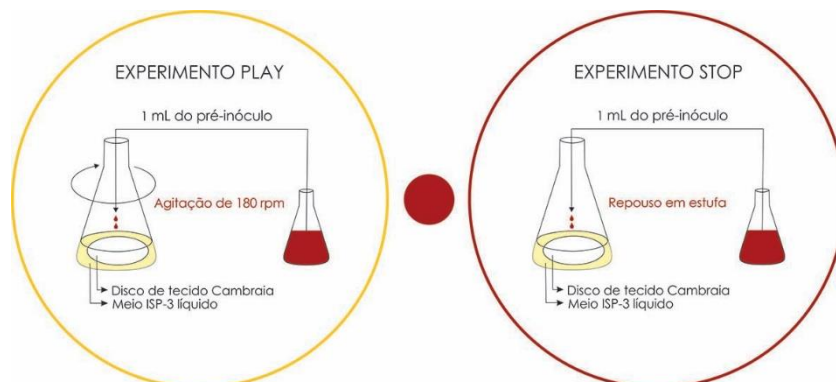


Tingimento em meio líquido em erlenmeyer⁷

Um segundo teste de coloração e interação entre as actinobactérias e o tecido foi realizada em meio de cultura ISP-3 líquido em erlenmeyers de 500 mL.

Neste experimento foi colocado dentro do frasco 100 mL de meio de cultura, 1 mL do pré-inóculo com as bactérias e um disco de cambraia de 90 mm de diâmetro que ficou em contato contínuo com as bactérias e o meio de cultura durante 5 dias. Esse experimento foi realizado sob constante movimentação em mesa agitadora a 180 rpm (experimento PLAY) e estático em estufa (experimento STOP), ambos a 37°C (ver figura 2).

Figura 2. Inóculos nos experimentos PLAY e STOP.



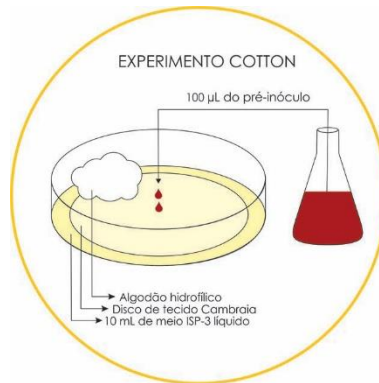
Tingimento em meio líquido em placa de Petri

Um último teste foi realizado em placas de Petri, mas com meio líquido em seu interior. Nas placas foram colocados o disco de cambraia com 80 mm de diâmetro umedecido com 10 mL de meio ISP-3 líquido e inoculados com 100 µL do pré-inóculo.

⁷ Erlenmeyer: é um frasco de vidro ou plástico com formato cônico que leva o nome do químico alemão, Emil Erlenmeyer.

Uma grande preocupação com esse experimento era que o meio viesse a secar e as bactérias cessassem o seu crescimento, por isso foi adicionado um pedaço de algodão hidrofílico estéril a cada uma das placas, aumentando a umidade e disponibilidade de nutrientes. Além disso, 1 mL de meio foi adicionado as placas diariamente durante os cinco dias de crescimento em estufa a 37°C. A este experimento demos o nome de COTTON (figura 3).

Figura 3. Inóculo do experimento COTTON.



Tingimento em diferentes tipos de tecido

Após a obtenção de um bom resultado com meio líquido em placas de Petri no experimento COTTON, como será demonstrado a seguir, fez com que o mesmo experimento fosse repetido, mas dessa vez sem o chumaço de algodão e com diferentes tipos de tecidos de fibra natural (tricoline, laise, linho, atoalhado, seda, guipure e georgette de seda) e foram utilizados apenas dois isolados que tiveram o melhor crescimento e coloração, G27 e G85.

A quantidade inicial de meio de cultura líquido ISP-3 permaneceu a mesma, 10 mL, e os tecidos também foram cortados em discos de 80 mm de diâmetro. 1 mL de meio somente foi adicionado as placas duas vezes durante os cinco dias de crescimento. As amostras foram crescidas em estufa a 37°C e todos os tecidos obtidos foram submetidos a microscopia óptica.

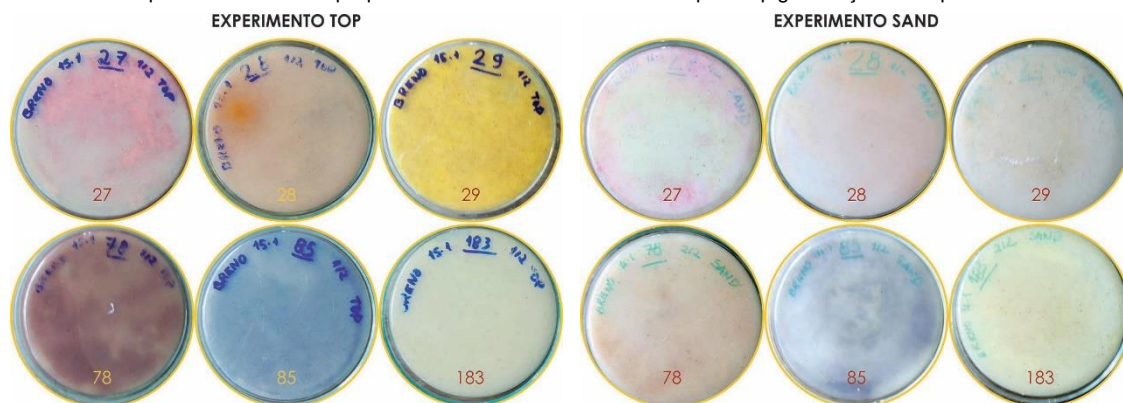
Resultados e discussão

Entre os experimentos realizados em placas de Petri utilizando meio de cultura sólido, o que apresentou melhor resultado de crescimento e coloração foi o experimento TOP como visto na figura 4 a seguir.

O período de crescimento de 5 dias se mostrou ideal para o processo de pigmentação, assim como a temperatura de crescimento de 37°C, onde no

experimento TOP, além de obtida a coloração do tecido, os isolados produziram também a coloração do meio de cultura. Dos isolados, o único que não obteve uma coloração diferenciada e considerável foi o isolado G183.

Figura 4. Reverso das placas dos isolados mostrando a cor da pigmentação do meio e do tecido no experimento TOP e o pequeno crescimento das bactérias e pouca pigmentação no experimento SAND



As colorações obtidas foram as seguintes: G27 vinho, G28 laranja, G29 amarelo, G78 roxo, G85 cinza esverdeado, G183 bege.

Após o processo de secagem, pode ser visto também que quando utilizado o meio sólido, as bactérias pigmentam o tecido de forma moderada.

Depois de secas, as amostras do experimento TOP que obtiveram melhor resultado, não foram submetidos a nenhum processo de fixação da coloração. Esses tecidos foram cortados ao meio e uma metade submetida a lavagem durante 1h em erlenmeyer contendo 100 mL de água destilada e 5 mL de detergente neutro, sob agitação de 100 rpm. As amostras lavadas foram enxaguadas em água destilada e secadas à sombra.

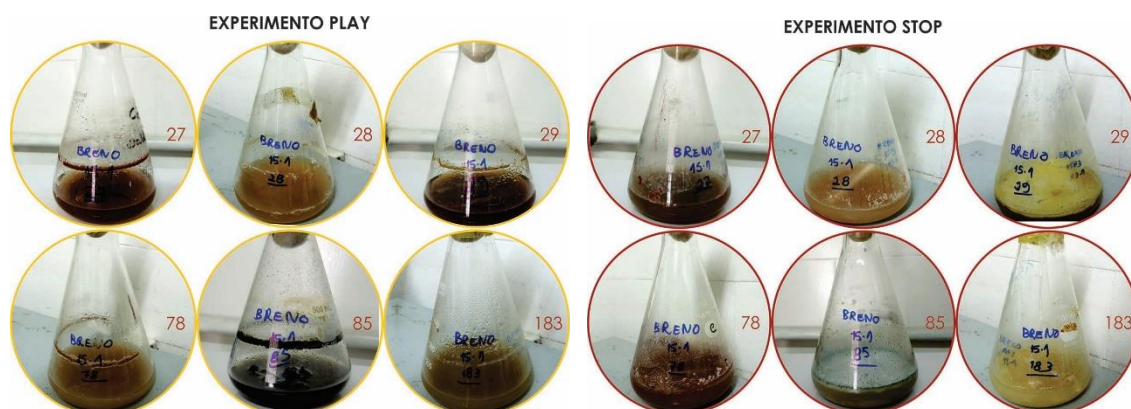
Ocorreu grande perda de coloração do tecido para a água, no entanto os tecidos continuaram coloridos, mas a cor ficou mais clara. Dessa forma, novas possibilidades de fixação devem ser investigadas.

Já os tecidos que foram colocados em erlenmeyes e crescidos juntamente com as bactérias, com e sem agitação, caracterizando os experimentos PLAY e STOP, tiveram resultados bastante distintos entre si e dos experimentos realizados em meio sólido.

Dos que cresceram sob agitação (experimento PLAY), vemos que o meio de cultura ficou muito turvo, entre os tons de amarelo e marrom, além de formarem anéis de depósito de material acima da altura do meio de cultura, além de aglomerados sobre o tecido.

O experimento foi então o melhor teste com resultados para a coloração do tecido cambráia de todos os experimentos de tingimento, onde observou-se uma forte cor do pigmento, como pode ser visto na figura 5. Os isolados G27, G29 e G85 apresentaram uma coloração bem mais escura, de alta concentração.

Figura 5. No resultado do experimento PLAY percebe-se que os isolados G27, G29 e G85 são os mais corados. Já o resultado do experimento STOP evidencia a formação de uma camada sobrenadante nos isolados G29 e G85.



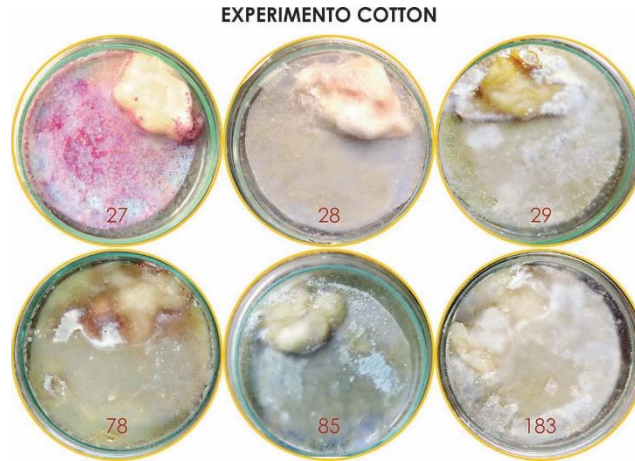
Por outro lado, no experimento STOP, onde as bactérias foram crescidas em meio líquido, mas em repouso em estufa à 37°C, podemos observar outro fenômeno, o da formação de uma camada na superfície do meio de cultura de característica predominantemente esbranquiçada e com leve brilho formada pelos esporos bacterianos e que pode ser vista mais evidentemente nos isolados G29 e G85 na figura 5.

Apesar de aparentemente ter tido um bom crescimento, o tingimento não aconteceu de maneira eficiente no experimento STOP, provavelmente devido à ausência da agitação que melhora o contato entre o pigmento e tecido.

Comparando os experimentos PLAY e STOP vemos o quanto eles são distintos somente devido à ausência de agitação e consequente aeração. É possível inferir então que, para a mais eficiente produção do pigmento, é importante um bom fornecimento de oxigênio.

O último teste de tingimento feito em placas de Petri, mas com meio líquido, que caracterizou o experimento COTTON, obteve um resultado mediano, pois não apresentou uma grande produção de pigmento. Além disso, verificou-se que era um experimento que precisava de ajustes pois a quantidade de meio de cultura reposta na placa foi muito grande. Já a presença do algodão que deveria auxiliar na preservação da umidade, fez foi atrapalhar o tingimento, pois acabava retirando os pigmentos do meio por capilaridade (figura 6).

Figura 6. Resultado do experimento COTTON, que não obteve coloração tão forte e apresentou colônias isoladas.



Os resultados dos experimentos foram comparados utilizando-se para isso o auxílio de um contador de células com lupa de aumento aproximado de 5X. Na figura 7, mostra-se o quanto a coloração dos isolados G27 e G29 sobressaem nas cores vinho e amarelo em relação aos outros isolados. Podemos ver também que a quantidade de colônias formadas foi muito maior no experimento TOP, do que nos experimentos SAND e COTTON. Vê-se que a coloração é muito maior no experimento TOP do que no restante.

Figura 7. Comparação dos experimentos TOP, SAND e COTTON feito com o auxílio de um contador de células.



Um resumo dos resultados encontrados pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1. Resumo dos resultados obtidos nos experimentos TOP, SAND, PLAY, STOP e COTTON.

Experimento	Tingimento	Observação
TOP	Moderado	Pigmentou também o meio de cultura
SAND	Fraco	Posição do inóculo dificultou crescimento.
PLAY	Forte	Meio de cultura turvo com formação de anéis de depósito de material.
STOP	Fraco	Formação de camada de esporos no topo.
COTTON	Moderado	Não necessita da presença do algodão.

Por último o experimento COTTON foi redefinido e refeito, mas utilizando-se para isso sete tipos diferentes de tecidos de fibras naturais e apenas dois isolados que apresentaram rápido crescimento e boa pigmentação, o G27 e G85.

Os ajustes no experimento com a retirada do algodão e a diminuição da quantidade de meio reposta ao longo dos dias teve excelente resultado, permitindo um crescimento mais rápido do microrganismo e maior pigmentação. Dos tecidos 100% algodão (tricoline, atoalhado, guipure e laise), 100% seda (georgette de seda e seda pura) e 100% linho (linho puro), o que apresentou melhor crescimento e pigmentação do tecido, foi o linho, como mostrado na figura 8.

Figura 8. Comparação dos diferentes tecidos crescidos em meio líquido em placa de Petri com o isolado G27.



Dentre os tecidos de algodão, a tricoline, que apresenta menos textura e fibras mais finas e organizadas apresentou uma grande produção de esporos e boa pigmentação. Já os tecidos de seda tiveram um tingimento superficial, em tom pastel, suave e delicado.

No mesmo experimento, mas utilizando o isolado G85, temos um resultado semelhante em termos de tingimento, mas diferente em relação ao crescimento. O linho também foi o que teve melhor coloração ao final do processo de secagem.

O isolado G85 teve um excelente crescimento em todos os tecidos, transformando inclusive as texturas dos tecidos com relevo como a laise, guipure e atoalhado (figura 9). Um ponto negativo deste isolado (G85) é que esse seu aspecto esverdeado se assemelha aos fungos que comumente chamamos de bolor, não apresentando um aspecto agradável, mas apresenta texturas diversificadas e bastante interessantes para superfícies.

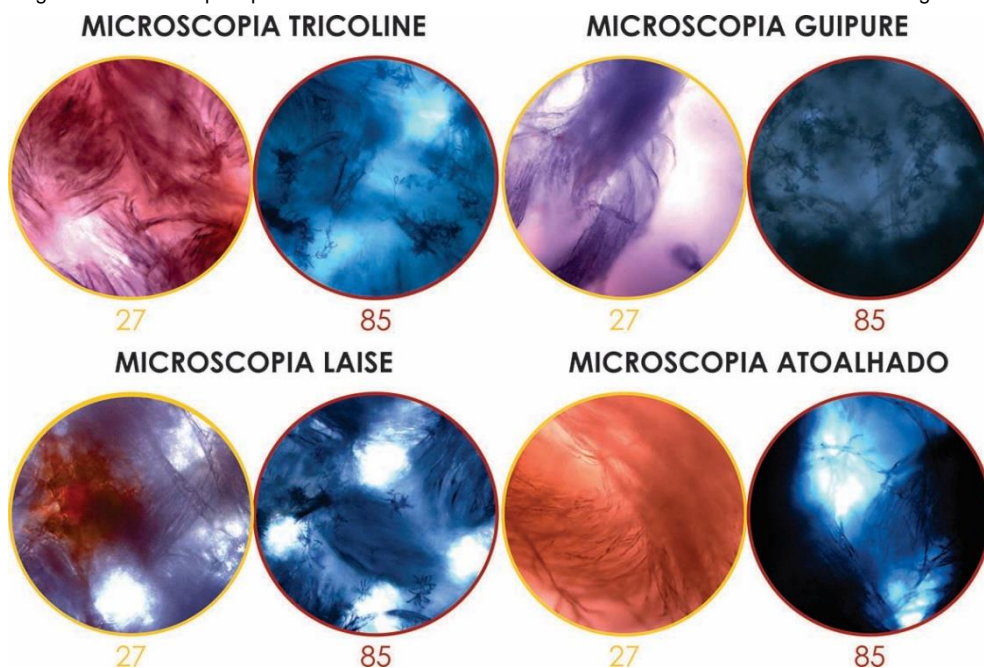
Figura 9. Comparação dos diferentes tecidos crescidos em meio líquido em placa de Petri com o isolado G85



Algumas destas amostras foram analisadas em microscopia óptica com um aumento de 200X e fotografadas para analisar a morfologia da bactéria. No entanto, dependendo do tecido essa visualização ficou um pouco prejudicada nos tecidos que apresentavam fibra muito espessa, como no linho.

Já nos outros tecidos de algodão (figura 10), com exceção do atoalhado, que é muito texturizado, fica mais fácil de ver as actinobactérias, principalmente no isolado G85, caracterizado por pequenos grupos escuros com várias espirais unidas. Pode-se ver também que a localização destes isolados fica entre os fios, sendo esta uma possível região de fixação do microrganismo. Evidencia-se mais claramente a coloração avermelhada do corante do isolado G27.

Figura 10. Microscopia óptica dos isolados G27 e G85 com aumento de 200X nos tecidos de algodão.



Considerações finais

Resumidamente, a melhor forma de efetuar a coloração de tecidos orgânicos com os isolados de actinobactéria se dá por meio de crescimento líquido sob agitação, ocorrendo dessa forma uma maior produção e concentração de corante, além do aumento do contato do pigmento com o tecido. Em relação a cor dos pigmentos produzidos, aqueles que apresentaram maior saturação foram os isolados G27, G29 e G85.

O processo de lavagem mostrou que apesar dos tecidos serem possíveis serem corados, é necessário um processo seguinte de fixação da cor, uma vez todos tingiram a água durante a lavagem. Serão analisados futuramente possíveis processos naturais de estabilização da cor.

Analisando-se uma diversidade maior de amostras de tecidos, aquele que melhor pigmenta são os que são constituídos de linho, seguidos pelos de algodão e seda.

Os próximos passos da pesquisa direcionam-se ao estudo de melhores técnicas de fixação da cor após a lavagem, tornando-a mais durável. Também é de nosso interesse investigar a extração dos pigmentos produzidos por estas linhagens de actinobactéria para utilização direta em tingimento e estamparia.

Além disso, é salutar analisar a interação entre o tecido tingido e a pele do usuário para verificar se existe algum tipo de reação alérgica na pele, e a determinação mais específica da espécie dessas linhagens utilizadas.

Referências

- ANTONELLI, Paola. Vital Design. In: Myers, William. Bio Design. London: Thames & Hudson, 2012.
- BENYUS J. Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza. São Paulo: Cultrix, 2012.
- FLETCHER, Kate; LYANDA, Grose. Moda & Sustentabilidade: design para mudança. São Paulo: Senac, 2011.
- GHOSH T, Eadie L. Biomimicry in textiles: past, present and potencial. An overview. Journal of the Royal Society Interface 8: 761-755. 2011.
- LACERDA, Clécio de; SORANSO, Priscila; FANGUEIRO, Raul. O contexto Biomimético Aplicado ao Design de superfícies Têxteis. REDIGE: v.3, n. 03, 2012.
- LASKY, Julie. The Beauty of Bacteria. The New York Times: pages D1-D7, January 17, 2013.
- MADIGAN M [et al]. Microbiologia de Brock. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- MYERS W. Bio Design. London: Thames & Hudson, 2012.
- SILVA, Ramon Fernandes. Produção Biotecnológica de um Novo Corante a partir do *Streptovorticillium sp.* DAUFPE – 13729. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2001.