

ESTUDO DA PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA LÍQUIDA (PPL) DO CAMPUS

Joana Alves, Núria Costa & Raquel Machado

Resumo

O presente trabalho pretende estudar a variação da produtividade primária líquida e bruta em dois ecossistemas distintos, um em meio terrestre e outro em meio aquático. O estudo tem por base ensaios realizados em campo e em laboratório.

Pelo tratamento dos resultados conclui-se que os valores obtidos relativamente a cada um dos parâmetros estudados sobre a PPL numa comunidade herbácea são os esperados naturalmente, isto é, a produtividade primária é maior consoante é maior a luminosidade associada.

Para a produtividade primária em meio aquático procedeu-se a uma montagem em laboratório onde se simulou diferentes profundidades. Verificou-se que para um valor crescente de profundidade, associa-se uma diminuição da PPL, da PPB e do oxigénio dissolvido, uma vez que a respiração vai aumentando, a energia solar não se encontra disponível o suficiente para a realização de fotossíntese.

Palavras-chave

Biomassa; Fotossíntese; Oxigénio; Produtividade Primária; Produtividade Primária Líquida; Produtividade Primária Bruta;

Introdução

O presente trabalho prático tem como principal objectivo determinar a produtividade primária líquida no meio terrestre de uma comunidade herbácea, segundo os métodos de Wiegert & Evans e determinar a produtividade primária líquida no meio aquático de uma comunidade fitoplanctónica, segundo os métodos de Winkler.

Para uma melhor compreensão dos princípios relacionados com a produtividade em sistemas ecológicos, é necessário compreender os conceitos de “biomassa” e de “produtor primário”. Biomassa corresponde ao peso dos tecidos vivos usualmente medidos por unidade de área num intervalo de tempo particular. Produtores primários são os organismos que ocupam o primeiro nível na cadeia alimentar. São autotróficos fotossintéticos, ou seja, produzem o seu alimento inorganicamente pela utilização de luz no processo químico da fotossíntese.

São as plantas que preferencialmente assumem este papel na Terra, uma vez que contraem a capacidade de fixar o carbono através da fotossíntese. Os produtores marinhos são essencialmente os organismos do fitoplacton, os tufos de ervas litorais e algas macroscópicas bentónicas. (ROGER DAJOZ, 1973)

A Produtividade Primária de uma comunidade exprime a quantidade de biomassa produzida através da fotossíntese por unidade de área por unidade de tempo pelos produtores primários, isto é define-se como a velocidade a que a energia da radiação é armazenada pela actividade fotossintética ou quimiossintética de organismos produtores na forma de substâncias orgânicas susceptíveis de utilização como matéria alimentar.

A produtividade primária é usualmente expressa em unidade de energia ($\text{Joules m}^{-2}\text{dia}^{-1}$) ou em unidade de matéria orgânica seca ($\text{kg m}^{-2}\text{ano}^{-1}$). Globalmente, atinge cerca de 243 biliões de toneladas métricas de biomassa de planta seca por ano. (Estes padrões de produtividade primária variam tanto espacialmente como temporalmente) (FREITAS, 2005).

A energia total fixada por organismos numa comunidade através da fotossíntese é chamada de Produtividade Primária Bruta (PPB). Uma vez que toda a energia fixada por estes organismos é convertida em açúcar, é teoricamente possível determinar a energia absorvida pela medida da quantidade de açúcar produzida. Assim a produtividade primária bruta exprime a velocidade à qual a energia solar é convertida em energia potencial de biomassa, incluindo a matéria orgânica gasta na respiração.

Subtraindo a respiração da produção primária bruta obtemos a Produtividade Primária Líquida (PPL), que representa a taxa de produção de biomassa que está disponível para o consumo, pelos organismos heterotróficos (bactérias, fungos e animais).

Deve-se a Odum e Odum (1959) a tentativa da síntese em escala mundial dos diversos valores de produtividade primária. Aparecem assim quatro regiões de importância:

- O alto-mar e os desertos, com produtividade muito pequena, em geral na ordem de $0,1 \text{ g/m}^2/\text{dia}$ e sempre inferior a $0,5$;
- As formações herbáceas semi-árida, zonas de agricultura temporária, lagos profundos, as florestas de altitude e os mares do litoral, com produtividade média na ordem de $1 \text{ g/m}^2/\text{dia}$, variando em média de $0,5$ a $3 \text{ g/m}^2/\text{dia}$;
- As florestas húmidas, os lagos pouco profundos, as zonas de agricultura permanente com produtividade média de 3 a $10 \text{ g/m}^2/\text{dia}$;
- Alguns ecossistemas particulares, com produtividade superior a $10 \text{ g/m}^2/\text{dia}$ podendo chegar aos $20 \text{ g/m}^2/\text{dia}$.

Estes parâmetros mostram que a produtividade primária é sobretudo controlada por factores limitantes conferidos pela capacidade dos ecossistemas utilizarem os elementos postos à sua disposição. Assim, a dinâmica dos compostos orgânicos e inorgânicos tem um papel fundamental na produtividade nos diversos ecossistemas.

Apesar de todas as actividades biológicas nas plantas e no fitoplâncton serem intimamente dependentes da radiação solar recebida, é intuitivo que a radiação solar sozinha não determina a produtividade primária. A fotossíntese é também dependente dos nutrientes do solo e da temperatura, sendo que esta última, sob a forma de calor, controla a taxa de metabolismo. A maior parte da actividade metabólica acontece dentro do intervalo entre 0 e 50°C , existindo pouca actividade acima ou abaixo deste. A temperatura óptima para a produtividade situa-se no intervalo de 15 a 25°C , que coincide também com o intervalo óptimo para a fotossíntese. Somente uma pequena porção da energia solar é convertida pela fotossíntese em biomassa tanto em plantas no meio terrestre como nos organismos fotossintéticos no meio aquático. (FREITAS, 2005)

Não existe acentuada diferença entre os ecossistemas terrestres e os ecossistemas aquáticos no que se refere à produtividade quando as condições do meio são favoráveis. Em contraposição, a estrutura do ecossistema tem influência (ROGER DAJOZ, 1973).

Em ecossistemas terrestres, a maior parte da produtividade primária líquida não é utilizada pelos herbívoros mas pelos decompositores, isto é, pelos organismos do solo. Estes assumem um papel mais importante do que a sua biomassa e mesmo o seu metabolismo fariam prever. (ROGER DAJOZ, 1973)

Existem vários métodos para a determinação da PPL (método de colheita, medição do oxigénio, método do dióxido de carbono, método do pH, desaparecimento de matérias primas, determinação com materiais radioactivos e métodos baseados em dispositivos electrónicos). Este trabalho baseou-se no método da colheita para a determinação da produtividade no meio terrestre e baseou-se no método da medição do oxigénio dissolvido para a determinação no meio aquático.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em dois locais distintos no *campus* da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Lisboa, localizada no Monte da Caparica. O local de estudo da produtividade primária líquida em meio terrestre realizou-se atrás do edifício IX numa zona de descampado dominado por uma vegetação herbácea com posições distintas relativamente à exposição solar. O estudo da produtividade primária líquida em meio aquático realizou-se no tanque junto ao edifício departamental.

Variáveis abióticas em meio terrestre

A Influência da radiação solar foi a variável abiótica observável.

Variáveis abióticas em meio líquido

A variável abiótica observada em meio líquido está relacionada com a variação da radiação solar a diferentes profundidades e consequente variação do oxigénio dissolvido.

Ensaio da produtividade primária em meio terrestre

O ensaio da produtividade primária em meio terrestre realizou-se como descrito por Wiegert & Evans, Método de Colheita, em duas áreas distintas predominantemente herbáceas e contínua com posições distintas relativamente à exposição solar. Em cada local escolheu-se 3 parcelas próximas umas das outras, com dimensões 35x35 cm, e com a maior homogeneidade possível (densidade e composição específica). Marcou-se cada uma das parcelas nos seus vértices com estacas de madeira de forma a formar um quadrado com as dimensões referidas.

Na parcela 1 cortou-se rés terra toda a porção aérea que se colocou no **saco 1** e recolheu-se todo o material morto (manta morta) da superfície do solo e colocou-se no **saco 2**.

Na parcela 2 cortou-se rés terra toda a porção aérea e colocou-se no **saco 3**. Ao fim de quatro semanas voltamos ao local de estudo onde se realizou novas colheitas.

Na parcela 2 recolheu-se todo o material morto à superfície do solo e colocou-se no **saco 4**.

Na parcela 3 retirou-se toda a parte aérea que se colocou no **saco 5** e recolheu-se todo o material morto à superfície do solo e colocou-se no **saco 6**.

O procedimento laboratorial das primeiras amostras realizou-se assim que foram colheitas, bem como o das amostras finais (passado 4 semanas).

Em laboratório transferiu-se todo o material, sem misturar, para sacos de papel devidamente tarados e devidamente numerados. Colocou-se o material na estufa a 100°C durante 48 horas e de seguida colocou-se no exsiccador até arrefecer. No fim pesou-se, separadamente, o material recolhido numa balança de precisão. A fim de estimar os parâmetros em estudo construiu-se uma tabela numa folha de programa Excel.

Tratamento dos Resultados

- **Taxa de decomposição do material morto (r)**

$$r(\text{g/dia}) = \ln (w_0/w_r)/t$$

w₀ – peso do material morto na parcela 1

w₁ – peso do material morto na parcela 2

t – nº de dias de intervalo entre as duas colheitas

- **Material que desapareceu por decomposição da parcela 3 (x)**

$$x \text{ (g/parcela)} = ((a_0 + a_1)/2)rt$$

a_0 – peso do material morto na parcela 1

a_1 – peso do material morto na parcela 3

- **Variação total da matéria morta durante o período da experiência (m)**

$$m \text{ (g/parcela)} = (a_1 - a_0) + x$$

$m \geq 0$; valores negativos indicarão erro na medição

- **PPL da parte aérea (y)**

$$y \text{ (g/parcela)} = (b_1 - b_0) + m$$

b_0 – peso da parte aérea da parcela 1

b_1 – peso da parte aérea da parcela 3

Ensaio da produtividade primária em meio líquido

O ensaio da produtividade primária líquida em meio líquido foi realizado num tanque de água estanque localizado junto ao edifício departamental.

Em laboratório, com a amostra de água recolhida com um garrafão, podemos simular diferentes níveis de profundidade e verificar a variação da PPL com a profundidade. O método utilizado para a medição da PPL foi através da medição do oxigénio. Este método é conhecido pelo método dos frascos escuros e claros.

Em laboratório a amostra de água recolhida repartiu-se por 14 frascos colocados a diversas intensidades luminosas de forma a simular os diferentes níveis de profundidade. Os frascos foram identificados pelo número e volume do frasco.

Nos frascos 1 e 2 colocou-se sub-amostras destinadas ao doseamento de oxigénio no tempo zero (t_0) e procedeu-se em seguida à determinação do oxigénio dissolvido. Nos frascos 3 (f. escuro), 4 e 5 (f. brancos) colocou-se sub-amostras para a incubação à exposição solar, identificados como I0. No frasco 6 (f. escuro), 7 e 8 (f. brancos) colocou-se sub-amostras para a incubação à exposição solar e cobriram-se com uma caixa de plástico branco translúcido, identificou-se como I1. No frasco 9 (f. escuro), 10 e 11 (f. brancos) colocou-se sub-amostras para a incubação à exposição solar, estes cobriram-se com uma caixa de plástico branco opaco, identificou-se I2. Nos frascos 12 (f. escuro), 13 e 14 (f. brancos) colocou-se sub-amostras para a incubação à luz solar e colocaram-se dentro de um armário, identificou-se como I3. Estas amostras correspondentes ao diferentes níveis de exposição solar (I0, I1, I2, I3) ficaram em incubação durante um período cerca de 24 horas procedendo-se de seguida à fixação e determinação do oxigénio dissolvido.

A determinação do oxigénio dissolvido é feita pelo método de Winkler.

De acordo com Winkler encheu-se completamente um frasco com água da amostra (esta operação deve ser feita de forma a evitar a formação de bolhas de ar). De seguida juntou-se 2ml da solução de mistura de iodeto de potássio com hidróxido de sódio e 2 ml de sulfato de manganês. Introduziu-se as pipetas até ao fundo do frasco e retirou-se lentamente à medida que os reagentes fluíam para o seu interior. Tapou-se o frasco com cuidado para não incorporar bolhas de ar e inverteu-se várias vezes para agitar. Deixou-se sedimentar o precipitado em local escuro. Quando o precipitado sedimentou ocupando aproximadamente metade do volume do frasco, deixou-se o sobrenadante límpido e adicionou-se 2,5 ml de H_2SO_4 concentrado. Voltou-se a tapar e agitar invertendo o frasco até dissolver completamente o precipitado. Neste momento a amostra está pronta a ser titulada com

tiosulfato N/40. Transferiu-se o conteúdo do frasco para um erlenmeyer de boca larga. Titulou-se a amostra com solução de tiosulfato de sódio e adicionou-se o indicador de amido quando o meio adquiriu uma coloração amarelo-pálido. O ponto final da titulação verificou-se quando o meio passou de azul a incolor.

Resultados

- Em meio terrestre**

Tabela 1: Pesos secos do material recolhido para a determinação da PPL nas diferentes parcelas ao sol e à sombra com intervalo de tempo de 30 dias.

Local	Parcelas	Material	Sacos	Tara (g)	Peso seco total (g)	Peso seco t – Tara
Sol	P1	Parte aérea	1	22,66	73,5	50,84
		M. morta	2	23,62	64,55	40,93
	P2	M. morta	4	22,31	57,54	35,23
		Parte aérea	5	22,07	155,8	133,73
	P3	M. morta	6	21,71	66,8	45,09
Sombra	P1	Parte aérea	1	23,07	48,53	25,46
		M. morta	2	20,88	44,09	23,21
	P2	M. morta	4	22,07	35,25	13,18
		Parte aérea	5	17,94	47,67	29,73
	P3	M. morta	6	23,03	49,57	26,54

Cálculos e resultados obtidos

SOL	Taxa de decomposição do material morto (r) (g/dia) =	0,004999
SOMBRA	Taxa de decomposição do material morto (r) (g/dia) =	0,018863
SOL	X (material que desapareceu por decomposição da parcela 3) (g/parcela)	= 6,450007
SOMBRA	X (material que desapareceu por decomposição da parcela 3) (g/parcela)	= 14,07633
SOL	Variação total da matéria morta durante o período de experiência (m) =	10,61001
SOMBRA	Variação total da matéria morta durante o período de experiência (m) =	17,40633
SOL	PPL da parte aérea (y) (g/parcela) =	93,50001
SOMBRA	PPL da parte aérea (y) (g/parcela) =	13,13633
SOL	PPL da parte aérea (y) (g/m ²)=	763,2653
SOMBRA	PPL da parte aérea (y) (g/m ²)=	107,2354

- **Em meio líquido**

- **Expressão dos resultados**

- o 1ml de tiossulfato de sódio, 0,025 (N/40) corresponde 0,20 mg de oxigênio dissolvido por litro;
 - o O_2 dissolvido mg/l = $0,2 \times V_1 \times 1000/v-4$
 - o Onde:
 - V_1 – Volume de tiossulfato 0,025N gasto na titulação da amostra
 - v – Volume inicial da amostra = volume do frasco
 - 4 – Volume da rolha

Tabela 2: Resultados e cálculos do oxigênio dissolvido da PPL e da PPB nas diferentes profundidades

Nº frasco	Nível Prof.	Vol. Frasco (ml)	Vol. Tiossulfato (ml)	Oxigênio dissolvido	Médias	PPL	PPB
41	t0	264,8	13,8	6,422960725	6,335876946		
96	t0	269,3	13,8	6,248793167			
149	0	298,59	33,2	18,23785123	17,38669288	11,05082	21,5262
152	0	298,02	30,6	16,53553453			
47*	0	271,5	11	4,103130755			
156	5	294,54	23,2	11,75337815	12,13279691	5,79692	14,18199
153	5	296,75	24,5	12,51221567			
71*	5	266,6	11,1	4,32708177			
159	10	297,21	12,2	4,209683389	4,245558745	-2,09032	8,385068
155	10	297,05	12,3	4,281434102			
65*	10	272,3	11,2	4,22622108			
160	15	296,04	1,9	-2,716389677	-	-6,57257	3,902815
154	15	294,73	9,2	2,24300207	0,236693804		
49*	15	268,3	10,6	3,901602684			

* Frascos escuros

media dos frascos pretos = 4,139509

Gráficos obtidos

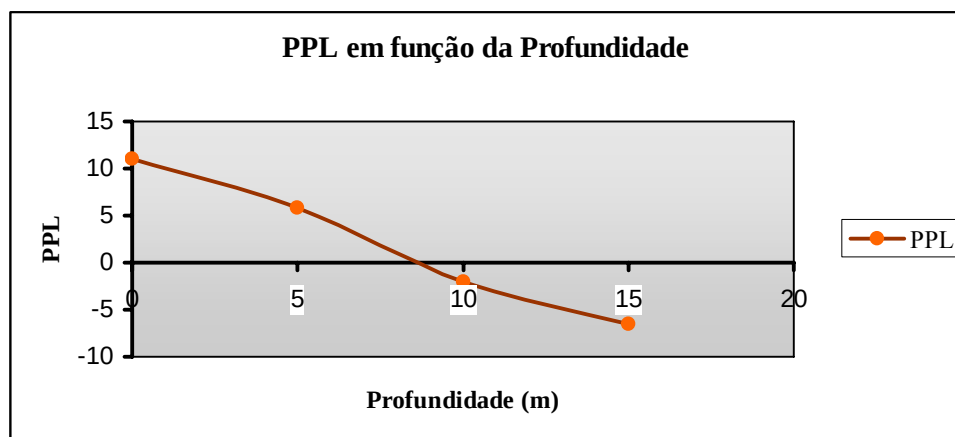


Gráfico 1: PPL em função da profundidade

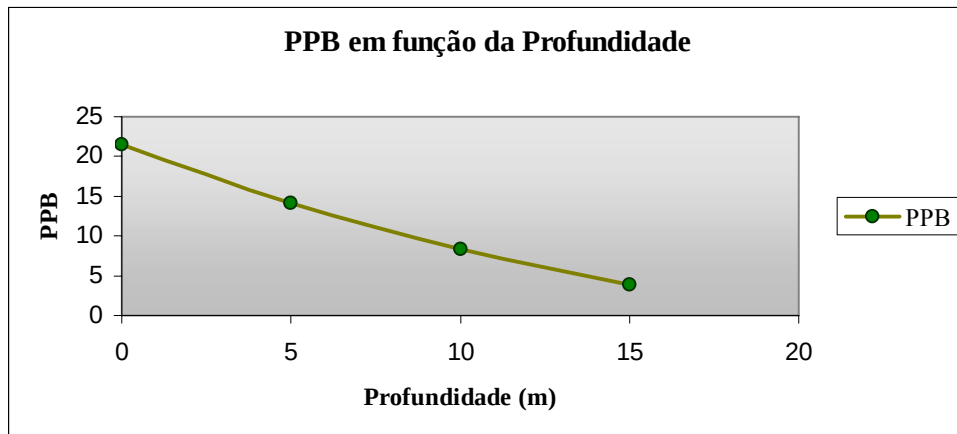


Gráfico 2: PPB em função da profundidade

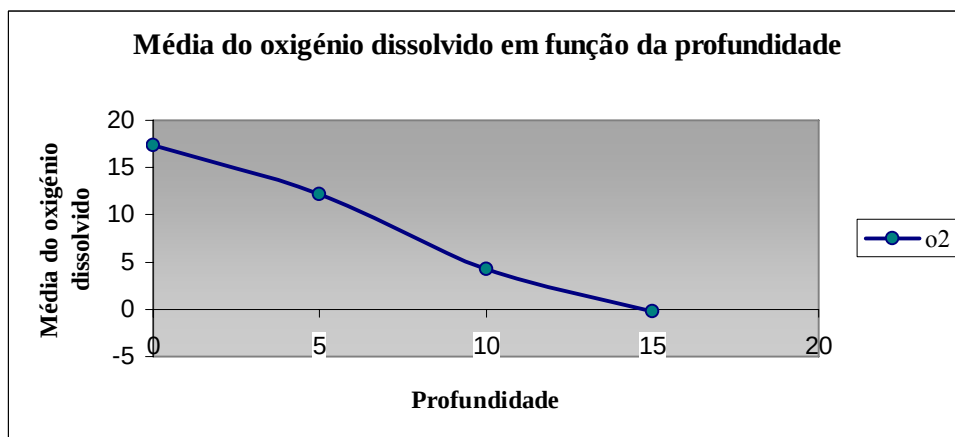


Gráfico 3: Média do oxigênio dissolvido em função da profundidade

Discussão e conclusões

De acordo com os resultados obtidos, podemos analisar de que forma varia a Produtividade Primária Líquida, a Produtividade Primária Bruta e a Respiração tanto para uma comunidade de plantas em meio terrestre como para uma comunidade planctônica em meio aquático.

Para o meio terrestre, a principal variável a que estavam dependentes as comunidades foi a luminosidade, para o meio aquático, a variável que mais fez depender a produtividade foi a profundidade dos ensaios.

A experiência da PPL numa comunidade herbácea, permite-nos concluir que os resultados obtidos para o r (taxa de decomposição de material morto), x (material que desapareceu por decomposição da parcela 3) e m (variação total da matéria morta durante o período da experiência) são os esperados/correctos.

O valor do W_1 (matéria morta da parcela 2) terá necessariamente de ser inferior ao valor W_0 (matéria morta da parcela 1), dado existir sempre uma taxa de decomposição associada ao substrato – o que acontece neste caso.

Observando os valores W_1 e a_1 (matéria morta da parcela 3) podemos verificar alguma coerência nos resultados, em que o último valor tem de ser superior ao primeiro, visto que ambos foram recolhidos no mesmo dia e o a_1 possui uma fonte de matéria morta.

Pelas razões citadas podemos concluir que não existiram erros significativos na parte prática e consequentemente no que diz respeito aos cálculos dos respectivos valores, contudo o ensaio apenas esteve dependente da luminosidade, sendo que os nutrientes existentes no solo e limitantes como factor de produtividade, não foram tidos em consideração.

Assim, podemos inferir que a produtividade é maior quando aos organismos fotossintéticos, estão associados valores mais elevados de radiação solar.

Para o meio aquático, o ensaio resultou de uma simulação laboratorial, onde a única variável que fez depender os resultados foi a profundidade. A temperatura, que em meio natural é limitante como factor de produtividade, não se fez variar, portanto não influenciou os resultados obtidos.

Podemos verificar, pela leitura dos gráficos que a PPL diminui consoante diminui a profundidade simulada.

Podemos constatar que, sensivelmente, a partir dos nove metros de profundidade a PPL assume valores negativos, portanto, a partir desta profundidade a respiração é superior à produção de energia, sendo a fotossíntese praticamente inexistente devido à falta de energia luminosa. O mesmo se verifica com a PPB, este valor diminui à medida que a profundidade aumenta, aproximando-se do zero a quinze metros de profundidade.

Para o consumo de oxigénio, podemos verificar que este aumenta quanto maior for a taxa de respiração. Assim para valores de oxigénio dissolvido, constatamos que estes diminuem com o aumento da profundidade, uma vez que em profundidade, há menos luminosidade, menos fotossíntese e consequentemente menos libertação de O₂.

Os resultados obtidos para ambos os ensaios (meio terrestre e meio líquido) estão teoricamente de acordo com os objectivos propostos. Contudo, na natureza existem inúmeros factores abióticos e bióticos que tornam todo o sistema bastante mais complexo e dinâmico, não existindo valores padronizados nem variáveis independentes.

Referências

- o **Castro, L.** (2002), Protocolo prático, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Quinta da Torre
- o **Odum, Eugene P.** (2001) Fundamentos de Ecologia, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 6ª edição
- o **Freitas, E. D.** (Fevereiro de 2005); Notas da aula da Disciplina ACA-0429 Agrometeorologia, Universidade de São Paulo, Instituto Astronómico e Geofísica – Departamento de Ciências, São Paulo.
- o **Dajoz, R.** (1973); Ecologia Geral, Editora Vozes Limitada Petrópolis, Editora da Universidade de S. Paulo; São Paulo, 2ª Edição