



Universidade de Aveiro Departamento de Física
2015

Jesus Leonel da Costa dos Reis **Modelação da dispersão e conectividade larvar a NW da Península Ibérica**



Universidade de Aveiro Departamento de Física
2015

Jesus Leonel da Costa dos Reis Modelação da dispersão e conectividade larvar a NW da Península Ibérica

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia e Oceanografia Física, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria Rita Teixeira de Sampaio Nolasco, Investigadora do CESAM-UA e coorientação do Doutor Jesus Manuel Pedreira Dubert, Professor Auxiliar do Departamento de Física da Universidade de Aveiro.

O presente trabalho foi financiado e realizado no âmbito do projeto RAIA.co, Observatório Marinho da Margem Ibérica e do Litoral, 0520_-RAIA_CO_1_E, financiado pelo POCTEP-FEDER.

Este trabalho contribui para os objetivos científicos do projeto LarvalSources, PTDC/BIA-BIC/120483/2010 financiado pela FCT, e cofinanciado pelo FEDER através do COMPETE.

Agradecemos o acesso aos dados por parte da “Area de control y sector del medio y los recursos Marinos”, da Conselheria do Mar, da Xunta da Galicia, facilitada através do CETMAR e INTECMAR.

O júri

Presidente

Prof. Doutor José Manuel Henriques Castanheira
Professor Auxiliar do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Henrique José de Barros Brito Queiroga
Professor Associado com Agregação do Departamento de Biologia da
Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Jesús Manuel Pedreira Dubert
Professor Auxiliar do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Quero agradecer a todas as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento da minha vida pessoal e profissional, em especial na realização deste trabalho:

- Aos meus pais, pela ajuda, carinho e por estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

- Às minhas irmãs, cunhados, ao meu sobrinho e a minha afilhada, pela motivação, apoio e carinho que me ofereceram desde sempre.

- À Cátia Azevedo, pela motivação, ajuda e apoio.

- Aos meus orientadores, Doutora Rita Nolasco e Professor Jesús Dubert, pela ajuda, ensinamentos, apoio, presença e disponibilidade na realização deste trabalho.

- À Doutora Laura Peteiro, pela ajuda na realização desta dissertação.

- Aos restantes professores e amigos que tornaram possível a realização deste trabalho.

Palavras-chaves

Conectividade de Populações, Dispersão Larvar, Modelação, ROMS-ROFF, *Mytilus Galloprovincialis*

Resumo

A cultura de mexilhão na costa NW da Península Ibérica, explorada desde o início do século XX, tem vindo a crescer na economia desta região. Desta forma, torna-se necessário conhecer os detalhes do ciclo de vida das larvas de mexilhão, durante a sua fase planctónica.

Com o objetivo de estudar a dispersão, a conectividade larvar, e o recrutamento de larvas de mexilhão nas diferentes regiões da costa NW da Península Ibérica, foi implementado um modelo lagrangiano, ROFF. Este permite simular as trajetórias, o crescimento nas diferentes fases larvares, a taxa de mortalidade abiótica e por advecção para o ano particular, 2009.

Os resultados obtidos com este modelo foram validados através da comparação com um conjunto de observações em estações amostradas nas Rias Baixas Galegas. Através da análise das matrizes de conectividade e do balanço de líquido, observou-se que a Ria de Arousa é a maior fornecedora de larvas. Para além disto, a Ria de Muros é a que apresenta um balanço emissão-receção mais favorável. E ainda uma tendência na conectividade larvar em direção a N ao longo do ano, observando um fornecimento líquido de larvas nas regiões a N das principais Rias.

Keywords

Population connectivity, Larvar dispersal, Modelling, ROMS-ROFF, *Mytilus Galloprovincialis*

Abstract

The mussel culture in the NW coast of the Iberian Peninsula, is exploited since the beginning of the XX Century, has been growing in the economy of this region. Thus, it is important to understand the details of the life cycle of mussel larvae, during its planktonic stage.

In order to study a dispersion, the larvar connectivity, and the recruitment of mussel larvae in different regions of the NW coast of the Iberian Peninsula, it was implemented a Lagrangian model, ROFF. This allows the simulation of trajectories, growth in different larvar stages, the abiotic mortality rate and the advection for the year 2009.

The results obtained with this model were validated through comparison with a set of observations at stations sampled in the four main Rias. Through the analysis of connectivity matrices and the net supply, it was observed that the Arousa's Ria is the largest supplier of larvae. Furthermore, the Ria de Muros is the one presenting a more favorable emission - reception balance. And yet a trend in larvar connectivity towards the N throughout the year, noting a liquid supply of larvae in the regions N of the main Rias.

Índice

ÍNDICE	I
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABELAS	VII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS DE PESQUISA	2
1.2 ÁREA DE ESTUDO.....	2
1.3 CAMPANHA DE CAMPO DO INTECMAR.....	4
2. MÉTODOS	7
2.1 MODELO OCEANOGRÁFICO.....	7
2.2 MODELO LAGRANGIANO <i>OFFLINE</i>	8
2.3 TRATAMENTO DE DADOS.....	13
2.4 TRATAMENTOS ESTATÍSTICOS DOS RECRUTAMENTOS	15
2.5 TRATAMENTOS ESTATÍSTICOS DA DENSIDADE LARVAR SIMULADA	17
3. RESULTADOS	19
3.1 RESULTADOS DAS CAMPANHAS	19
3.1.1 <i>Fase Velígera em D</i>	19
3.1.2 <i>Fase Velígera Umbonada</i>	20
3.1.3 <i>Fase Pedivelígera</i>	21
3.2 RESULTADOS DO MODELO	21
3.2.1 <i>Fase Velígera em D</i>	21
3.2.2 <i>Fase Velígera Umbonada</i>	23
3.2.3 <i>Fase Pedivelígera</i>	24
3.3 ANÁLISE DO RECRUTAMENTO.....	25
.....	26
3.3.1 <i>Análise do recrutamento do primeiro trimestre (janeiro até março)</i>	26
3.3.2 <i>Análise do recrutamento do segundo trimestre (abril até junho)</i>	30
3.3.3 <i>Análise do recrutamento do terceiro trimestre (julho até setembro)</i>	33
3.3.4 <i>Análise do recrutamento do quarto trimestre (outubro até dezembro)</i>	36
3.3.5 <i>Análise estatística do recrutamento Anual</i>	40
3.4 ANÁLISE DA DENSIDADE LARVAR SIMULADA	42
3.4.1 <i>Análise da densidade na Ria de Vigo</i>	42
3.4.2 <i>Análise da densidade na Ria de Pontevedra</i>	42
3.4.3 <i>Análise da densidade na Ria de Arousa</i>	44
3.4.4 <i>Análise da densidade na Ria de Muros</i>	45
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	47
4.1 VALIDAÇÃO DO MODELO.....	47

4.1.1	<i>Discussão da fase Velígera em D</i>	47
4.1.2	<i>Discussão da fase em Velígera Umbonada</i>	48
4.1.3	<i>Discussão da fase Peditelígera</i>	48
4.2	DISCUSSÃO DO RECRUTAMENTO.....	49
4.2.1	<i>Discussão do recrutamento do primeiro trimestre</i>	49
4.2.2	<i>Discussão do recrutamento do segundo trimestre</i>	50
4.2.3	<i>Discussão do recrutamento do terceiro trimestre</i>	50
4.2.4	<i>Discussão do recrutamento do quarto trimestre</i>	51
4.2.5	<i>Discussão do recrutamento anual</i>	51
4.3	DISCUSSÃO DAS CONTAGENS.....	52
4.3.1	<i>Densidade da Ria de Vigo</i>	52
4.3.2	<i>Densidade da Ria de Pontevedra</i>	52
4.3.3	<i>Densidade da Ria de Arousa</i>	53
4.3.4	<i>Densidade da Ria de Muros</i>	53
5.	CONCLUSÕES	55
5.1	TRABALHO FUTURO.....	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

Índice de figuras

Figura 1- Imagens das três fases larvares do <i>Mytilus Galloprovincialis</i>	2
Figura 2 - Área de estudo (rias baixas) e localização do local onde é retirado os forçamentos do vento, para a Figura 3	3
Figura 3- Gráfico representativo da tensão do vento, em azul esta representada a componente meridional V e a preto a componente zonal, U.	4
Figura 4- Localização das estações de mostragem de larvas de mexilhão nas campanhas realizadas pelo INTECMAR	5
Figura 5- Localização dos domínios utilizados pelo modelo ROMS-AGRIF, LD-domínio superior, SD-domínio primário e RD-domínio secundário.....	8
Figura 6- À esquerda gráfico representativo da sobrevivência das larvas em cada fase segundo Sánchez-Lazo et al. (2012), à direita gráfico representativo do crescimento larvar segundo Ruiz et al. (2008) e Sánchez-Lazo et al. (2012).....	9
Figura 7- Curva representativa da emissão de larvas de mexilhão para a costa Oeste da Península Ibérica segundo Philippart et al. (2012)(verde), curvas que representam a variação da curva de Philippart et al. (2012)(vermelho) e curva introduzida no ROFF (azul)	10
Figura 8-Representação esquemática dos lançamentos (linha vermelha representa a preia-mar, a azul a representação de uma maré idealizada, a verde representa a baixa-mar). Os meses com percentagem de lançamentos de 100%, 75%, 50%, 25% e 12,5%, respetivamente, estão representados esquematicamente.	11
Figura 9- Localização das áreas das emissões representativas de bateias (a) e das zonas rochosas (b). As diferentes regiões de análise de emissão são representadas em diferentes cores.	13
Figura 10- Localização das áreas de contagem (a) e das áreas de recrutamento (b), As diferentes regiões de análise de receção são representadas em diferentes cores.	15
Figura 11-Representação gráfica da abundância das larvas Velígera em D normalizada por Ria ...	20
Figura 12- Representação gráfica da abundância das larvas Velígera Umbonada normalizada por Ria	20
Figura 13- Representação gráfica da abundância das larvas Pedivelígera normalizada por Ria	21
Figura 14- Representação gráfica da abundância das larvas Velígera em D normalizada por Ria, em vermelho os dados da campanha e azul os dados modelados pelo modelo ROFF	22
Figura 15- Representação gráfica da abundância das larvas Velígera Umbonada normalizada por Ria, em vermelho os dados da campanha e azul os dados modelados pelo modelo ROFF	24
Figura 16 - Representação gráfica da abundância das larvas Pedivelígera normalizada por Ria, em vermelho os dados da campanha e azul os dados modelados pelo modelo ROFF	25
Figura 17-Representação gráfica da localização utilizada nas Matrizes de conectividade, e localização das rosas-dos-ventos (asteriscos vermelhos).	26
Figura 18- Representação do forçamento do vento em rosas-dos-ventos nos períodos de janeiro, fevereiro e março, à esquerda/direita encontra-se a rosa-do-vento representativa do norte/sul do domínio.	27

Figura 19-Representação gráfica da Matriz de conectividade para os meses de janeiro, fevereiro e março de 2009	29
Figura 20- Gráfico representativo do suprimento líquido para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, no período de janeiro até março de 2009.....	30
Figura 21- Representação do forçamento do vento em rosas-dos-ventos nos períodos de abril, maio e junho, à esquerda/direita encontra-se a rosa-do-vento representativa do norte/sul do domínio.	30
Figura 22- Representação gráfica da Matriz de conectividade para os meses de abril, maio e junho de 2009.....	32
Figura 23- Gráfico representativo do suprimento líquido para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, no período de abril até junho de 2009.....	33
Figura 24- Representação do forçamento do vento em rosas-dos-ventos nos períodos de julho, agosto e setembro, à esquerda/direita encontra-se a rosa-do-vento representativa do norte/sul do domínio.	33
Figura 25- Representação gráfica da Matriz de conectividade para os meses de julho, agosto e setembro de 2009	35
Figura 26-- Gráfico representativo do suprimento líquido para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, no período de julho até setembro de 2009.	36
Figura 27- Representação do forçamento do vento em rosas-dos-ventos nos períodos de outubro, novembro e dezembro, à esquerda/direita encontra-se a rosa-do-vento representativa do norte/sul do domínio.	37
Figura 28- Representação gráfica da Matriz de conectividade para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2009	39
Figura 29- Gráfico representativo do suprimento líquido para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, no período de outubro até dezembro de 2009.....	39
Figura 30- Gráfico (a) representação das larvas emitidas com sucesso (vermelho com autorrecrutamento e verde sem autorrecrutamento), Gráfico (b) representação das larvas recrutadas (vermelho com autorrecrutamento e verde sem autorrecrutamento) e representativo do suprimento líquido (a-b) para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, para o ano de 2009.....	41
Figura 31- Gráfico representativo da percentagem de abundância de larvas nas três fases diferentes na Ria de Vigo em função do local da sua emissão: linha preta, vermelha e verde representam, respetivamente, as larvas Velígera em D, Velígera Umbonada e Pedivelígera (escala modificada 0 a 30 %).	43
Figura 32- Gráfico representativo da percentagem de abundância de larvas nas três fases diferentes na Ria de Pontevedra em função do local da sua emissão: linha preta, vermelha e verde representam, respetivamente, as larvas Velígera em D, Velígera Umbonada e Pedivelígera (escala modificada 0 a 30 %).	44

Figura 33- Gráfico representativo da percentagem de abundância de larvas nas três fases diferentes na Ria de Arousa em função do local da sua emissão: linha preta, vermelha e verde representam, respetivamente, as larvas Velígera em D, Velígera Umbonada e Pedivelígera. 45

Figura 34- Gráfico representativo da percentagem de abundancia de larvas nas três fases diferentes na Ria de Muros em função do local da sua emissão: linha preta, vermelha e verde representam, respetivamente, as larvas Velígera em D, Velígera Umbonada e Pedivelígera. 46

Índice de tabelas

Tabela 1-Tabela dos dias das realizações das campanhas, em que a azul são identificados os dias em que as campanhas são realizadas nas Rias de Vigo e Pontevedra, a laranja os dias em que foram feitas as amostragens nas Rias de Arousa e Muros e ainda em verde os dias em que as campanhas se realizam só na Ria de Arousa.....	6
Tabela 2- Tabela com os valores de recrutamento totais para cada trimestre analisado e com o valor total de larvas obtidas pela modelação ROFF no ano 2009.Sao representadas percentagem em função do total de larvas que recrutam.....	41

1. Introdução

A NW da Península Ibérica encontram-se as Rias galegas (Figura 2), que devido à sua morfologia constituem um ambiente favorável ao crescimento dos mexilhões da espécie *Mytilus Galloprovincialis*. Desde o início do século XX, o mexilhão começou a ser explorado pelos habitantes desta região. Entre 1945 e 1946 foram colocadas as primeiras jangadas de mexilhão na Ria de Arousa (denominadas por bateias), cujo objetivo era o de aumentar a produção deste molusco. Segundo o *Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida Mexillón de Galicia* (2012), com o passar do tempo o número de bateias tem aumentado. Atualmente, existem aproximadamente 3337 bateias, distribuídas pelas Rias da seguinte forma: Ria de Vigo com 478 bateias (14,3%), 346 bateias na Ria de Pontevedra (10,4%), Ria de Arousa com 2292 bateias (68,7%), bateias na Ria de Muros 118 (3,5%) e 103 na Ria de Betanzos (3,1%).

De acordo com Torrado *et al.* (2000), em 1995 o setor de apanha do mexilhão era responsável pela criação de 18000 postos de trabalhos. Segundo Eurostat (2014), no ano 2003 Espanha foi o país com maior produção e exportação de mexilhão a nível europeu, produzindo 248,827 toneladas, o que representa 42% da produção total da União Europeia, (que coloca Espanha como segundo maior produtor de mexilhões a nível mundial). Cerca de um 95% da produção espanhola provem da Galiza.

Sabendo a importância da mitilicultura na economia da região da Galiza, o Instituto Tecnológico para o Control do Medio Mariño de Galicia (INTECMAR) realizou durante o ano 2009, campanhas oceanográficas semanais de contagem de larvas de mexilhão, nas Rias de Vigo, Pontevedra, Arousa, Muros e Betanzos, com o intuito de conhecer a distribuição de larvas de mexilhão em cada Ria.

O *Mytilus Galloprovincialis* também é conhecido como mexilhão do Mediterrâneo. Este molusco é um bivalve da família Mytilidea. O mexilhão encontra-se nas rochas das zonas em que são influenciadas pelas marés, e nas próprias bateias penduradas em cordas. Tem um ciclo de vida complexo com uma fase larva que antecede a fase pós-larvar. A fase larvar compreende três estágios, designados também, por facilidade, por fases (ver Figura 1): Velígera em D regularmente denominada por larva em “D”, Velígera Umbonada denominada por larva “Umbonada” e Pedivelígera também denominada por larva “com olho”. Segundo Ruiz *et al.* (2008) o intervalo de tempo estimado entre a fase Velígera em D e a fase Pedivelígera é de aproximadamente quatro a seis semanas, esta variação do tempo deve-se ao desenvolvimento da larva de mexilhão que depende de muitas variáveis como por exemplo, a temperatura ou salinidade da água.



Figura 1- Imagens das três fases larvares do *Mytilus Galloprovincialis*

Fonte: adaptada de Conceição, 2015

1.1 Objetivos de pesquisa

Nesta dissertação são comparados os dados das campanhas realizada pelo INTECMAR no ano de 2009, anteriormente referidas, com dados simulados pelo modelo lagrangiano IBM (Individual Based Model) ROFF (Roms OFFline Floats).

Utilizando os resultados modelo ROFF, são desenvolvidas análises estatísticas através de matrizes de conectividade, de forma a perceber a dispersão das larvas de mexilhão do ano 2009. Desta maneira, é analisada a conectividade e o recrutamento da espécie, entre diferentes regiões do litoral da Galiza e do norte de Portugal.

1.2 Área de estudo

As Rias baixas galegas (ver Figura 2) estão localizadas na costa NW da Península Ibérica, entre a Ria de Vigo aos 42° N e a Ria de Muros aos 43° N. Estas apresentam uma morfologia bastante recortada com forma de V, alargando em direção a boca do estuário, gerando dois canais de ligações a mar aberto. Estas entradas são associada à existência de ilhas barreira. Isto só não acontece na Ria de Muros que contem um único canal. A Ria de Arousa é a maior Ria com uma extensão de 33 km e em média cerca de 9 km de largura.

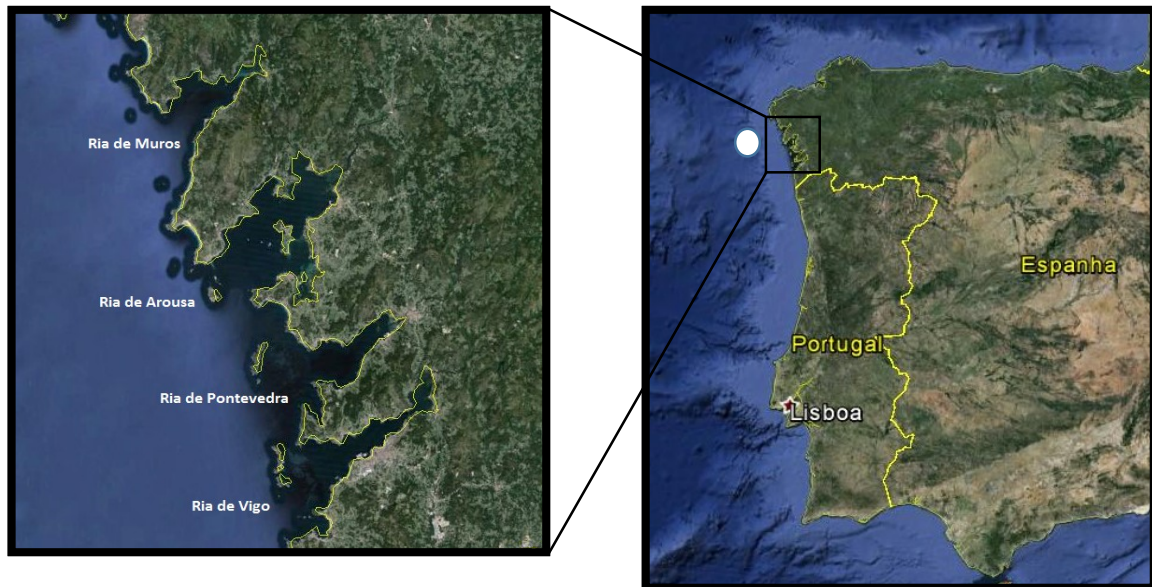


Figura 2 - Área de estudo (rias baixas) e localização do local onde é retirado os forçamentos do vento, para a Figura 3
Fonte: Adaptado de Google Earth

As Rias baixas possuem um regime de maré semidiurna, mesomareal com a amplitude que varia entre 2 e 4 m. Normalmente as Rias têm comportamento de estuário parcialmente misturado com uma circulação residual positiva (Fraga e Margalef, 1979).

Segundo o trabalho de revisão de Relvas *et al.* (2007), nesta região existe um regime sazonal de ventos bem definido. Durante a época de verão, existe uma predominância da situação anticiclônica, centrada nos Açores. Esta situação provoca ao largo da Península Ibérica vento predominante de componente norte.

Estes ventos provocam um transporte para o largo associado à dinâmica de Ekman. Este transporte provoca uma divergência costeira, que por sua vez induz o afloramento de águas mais profundas e frias para a zona superficial o fenómeno denominado afloramento costeiro. Associado a este, temos a geração de uma frente que separa as águas frias costeiras de águas quentes oceânicas. Como consequência da dinâmica geostrófica, é gerada uma corrente para sul, denominada jato de afloramento, associada ao afloramento costeiro. Este fenómeno é mais frequente durante o mês de agosto. Esta região é caracterizada por ter uma ondulação com alturas significativas médias de 2 m e períodos entre 8 a 9 s (Vitorino *et al.* (2002) e Dodet *et al.* (2010)).

Ao contrário da situação de verão, durante a época de inverno, é frequentemente observada a passagem de perturbações ciclónicas, que ao largo da Península Ibérica geram ventos de componente sul.

Este vento, através do mecanismo de Ekman, provocam convergência costeira, e correntes associadas em direção a norte. No inverno existe um aumento da altura significativa das ondas,

estas podem atingir 3 aos 4 m de altura com períodos que podem ser de 11 a 13 s (Dodet *et al.* (2010)).

Na Figura 3 está representada a tensão que o vento (Nm^{-2}) exerce sobre a superfície do oceano no ponto $42,5^\circ \text{ N}$ e $10,0^\circ \text{ W}$, ao longo do ano 2009. Com este gráfico podemos observar os períodos com condições favoráveis para a ocorrência de afloramento costeiro ($\tau_v < 0$), ou de convergência ($\tau_v > 0$). Ao analisar este gráfico, podemos afirmar que no início do mês de fevereiro houve condições para a ocorrência de convergência, e que no início do mês de março houve a situação contrária, ou seja, boas condições para afloramento costeiro. No resto do mês e até finais do mês de abril observa-se que temos em grande parte período afloramentos mas fracos. No mês de maio temos uma situação intercalar nas primeiras semanas com ocorrência de convergência fraca, em quanto que na última semana é possível observar que existe uma situação de afloramento fraco. Nos meses de junho e julho observa-se períodos de afloramento seguidos com períodos de relaxamento. Como era esperado, no mês de agosto observa-se que quase em exclusivo ventos de norte o que provoca períodos de forte afloramento. Nos meses compreendidos entre setembro e dezembro é verificado uma forte variabilidade, na componente meridional.

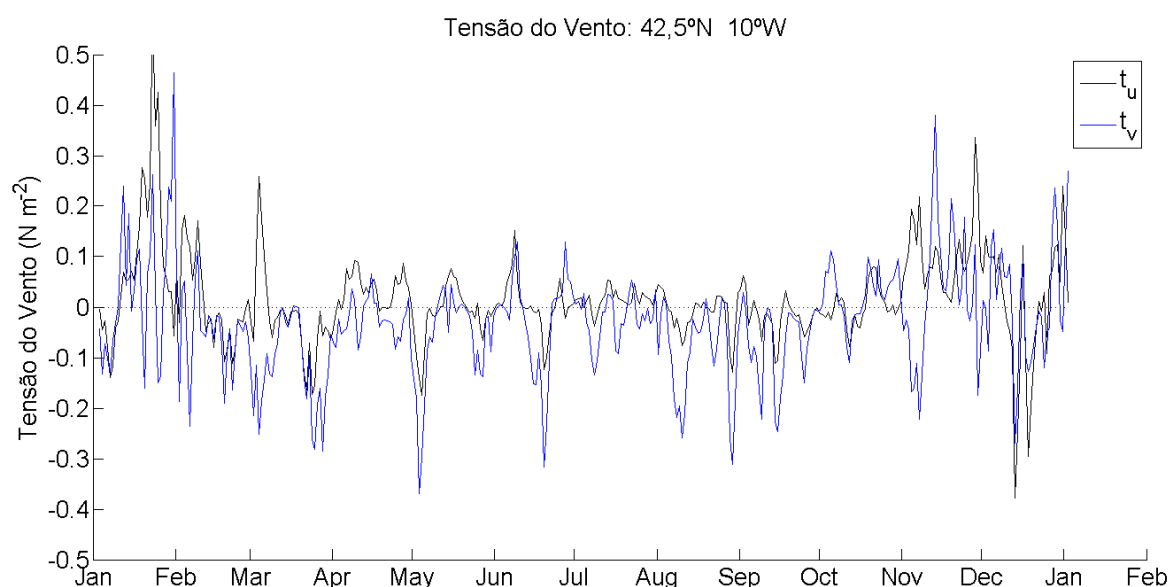


Figura 3- Gráfico representativo da tensão do vento, em azul esta representada a componente meridional V e a preto a componente zonal, U.

1.3 Campanha de campo do INTECMAR

Esta investigação de campo realizada pelo Instituto Tecnológico para o Control do Medio Mariño de Galicia (INTECMAR), foi realizada a todas as Rias baixas. O INTECMAR tem diversas estações nas Rias. No entanto para esta campanha foram utilizadas as estações V1, V2 e V3 da Ria de Vigo, P2 e P3 da Ria de Pontevedra, A9, A4 e A6 da Ria de Arousa e M5 e M1 da Ria de Muros (conforme Figura 4).

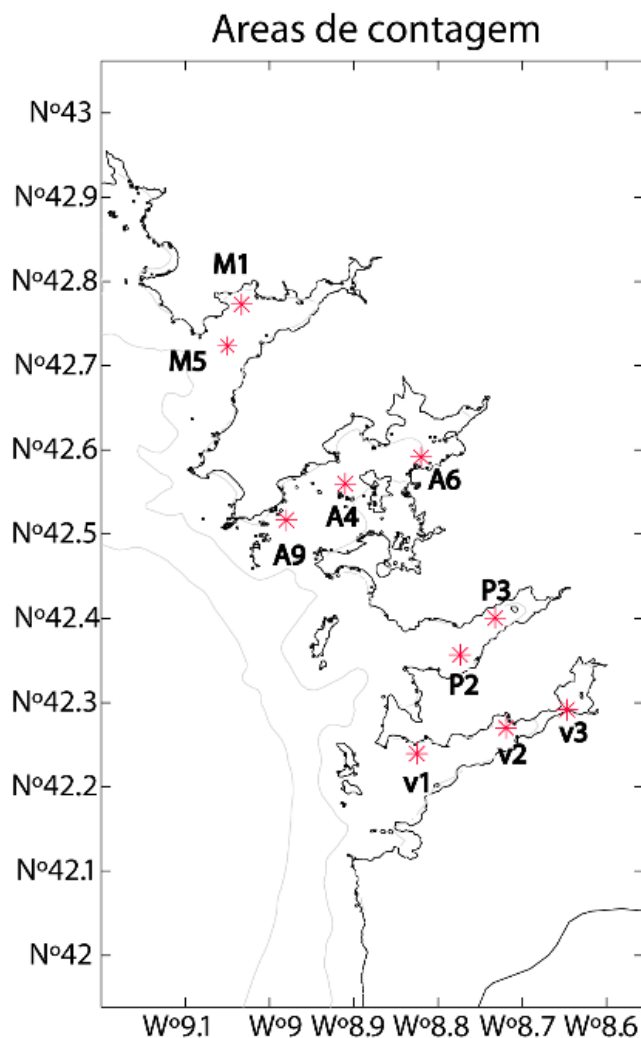


Figura 4- Localização das estações de amostragem de larvas de mexilhão nas campanhas realizadas pelo INTECMAR

Estas campanhas realizadas com uma periodicidade semanal tiveram início no dia 26 de janeiro de 2009 na Ria de Vigo, culminando no dia 22 de dezembro de 2009 na Ria de Muros. Na Tabela 1 é possível verificar os dias das amostragens nas Rias de Vigo e Pontevedra, em azul. No dia seguinte das amostragens das Rias de Vigo e Pontevedra efetuou-se o mesmo procedimento nas Rias de Arousa e Muros, representados na tabela em cor de laranja. Para o caso particular da Ria de Muros existiram quatro semanas, marcadas a verde, em que não foram feitas amostragens.

Introdução

Tabela 1-Tabela dos dias das realizações das campanhas, em que a azul são identificados os dias em que as campanhas são realizadas nas Rias de Vigo e Pontevedra, a laranja os dias em que foram feitas as amostragens nas Rias de Arousa e Muros e ainda em verde os dias em que as campanhas se realizam só na Ria de Arousa.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
jan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
fev	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59			
mar	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
abr	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
mai	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
jun	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	
jul	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
ago	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243
set	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
out	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304
nov	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	
dez	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365

Na recolha das amostras foi utilizada uma rede de colheita com 40 μ m, que continha um fluxómetro. As medições foram efetuadas na vertical de forma a amostrar as larvas de mexilhão existentes da coluna de água naquele ponto de amostragem.

Posteriormente as amostras são levadas para o laboratório, onde é feita a contagem de cada uma das fase larvares das mesmas. No final os valores são divididos pelo volume de água de maneira a obter uma base de dados da abundância de larvas por metro cúbico em cada estação.

2. Métodos

2.1 Modelo oceanográfico

O modelo utilizado para simular dados oceanográficos foi o modelo numérico oceânico 3D ROMS AGRIF (Shchepetkin e McWilliams (2005)). Este é um modelo tridimensional das equações primitivas, em coordenadas sigma, de superfície livre e com aproximações hidrostáticas e de Boussinesq. O ROMS permite um sistema de aninhamento *online*, ROMS-AGRIF. Desta forma o ROMS pode ser aplicado a sistemas regionais ou de escala local. Foi utilizada uma configuração em “AGRIF-Two-Way”. Uma metodologia semelhante é descrita em Oliveira *et al.* (2009) e Nolasco *et al.* (2013).

Foram considerados dois domínios principais pelo modelo ROMS-AGRIF (ver Figura 5):

1. **Domínio primário (SD):** com uma resolução espacial na horizontal de $1/30^\circ$ e 30 níveis na vertical com um $\theta_s = 5$. Este domínio contém a margem Oeste Ibérica desde Lisboa (39° N) até os 45° N e desde os $6,5^\circ$ W até os $11,5^\circ$ W.
2. **Domínio secundário (RD):** tem uma resolução espacial na horizontal de $1/120^\circ$ e 30 níveis na vertical, e contém a costa Centro de Portugal desde 39° N até ao $44,5^\circ$ N e desde 8° W até os $10,5^\circ$ W, aninhado ao anterior em AGRIF “Two-Way”.

O domínio SD retira as suas condições de fronteira de um domínio superior denominado LD (Nolasco *et al.* (2013)). Os domínios SD e RD são forçados pelo vento ASCAT com periodicidade diárias e resolução de $0,25^\circ$ e com fluxos de calor obtidos da base de dados NCEP2, tendo ainda em consideração o escoamento fluvial nas principais Rias da região, assim como os efeitos da maré, e as suas correntes associadas. Os dados simulados pelo ROMS são guardados cada de três horas, e a simulação decorreu desde o dia 1 de novembro de 2008 até dia 31 de dezembro de 2009.

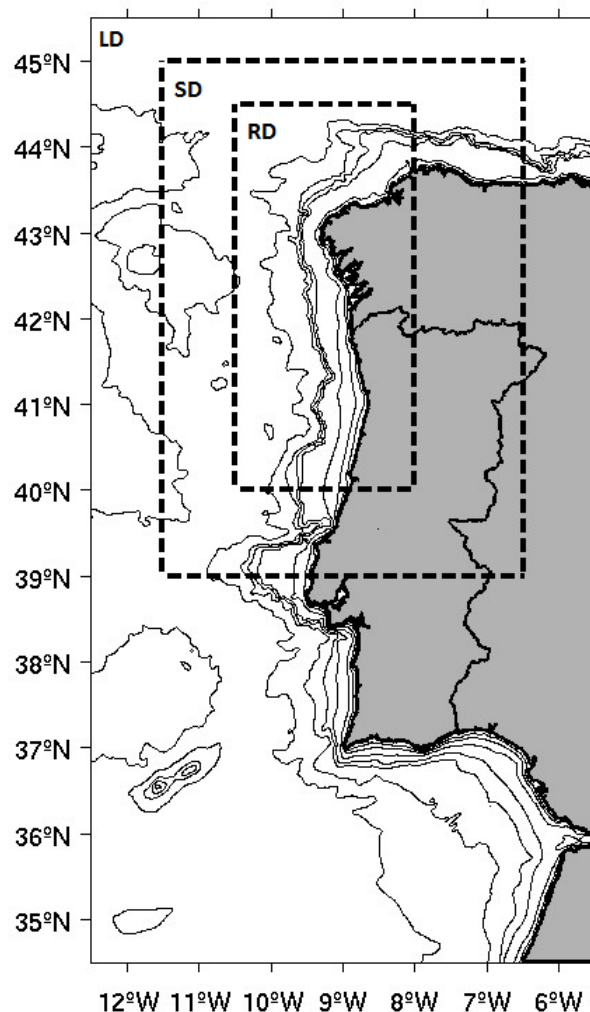


Figura 5- Localização dos domínios utilizados pelo modelo ROMS-AGRIF, LD-domínio superior, SD-domínio primário e RD-domínio secundário.

2.2 Modelo lagrangiano *offline*

O modelo utilizado para obter as trajetórias das larvas de mexilhão foi o modelo lagrangiano IBM (*Individual Based Model*) denominado por ROFF (*Roms Offline Floats*).

Este modelo integra a posição de cada partícula ao longo do tempo, para o que utiliza os campos tridimensional da velocidade e outras variáveis hidrológicas simuladas pelo ROM-AGRIF. O ROFF é um modelo lagrangiano e o cálculo da posição é efetuado através da integração da seguinte equação do movimento, utilizando a metodologia de Carr *et al* (2007).

$$d\vec{X}/dt = \vec{U}_{ROMS}(\vec{X}, t), \text{ Onde } \vec{X} \text{ é a posição } (x, y, z).$$

O ROFF foi adaptado, em Nolasco *et al* (2013-b) para calcular a “idade” e a taxa de sobrevivência de cada partícula em cada instante. Para isso, é utilizada a reta de crescimento e de mortalidade das larvas de mexilhão resultante de Ruiz *et al* (2008) e Sánchez-Lazo *et al* (2012). Estes autores referem que o crescimento das larvas e sua mortalidade dependem diretamente da temperatura da água (conforme Figura 6), em cada momento do desenvolvimento larvar.

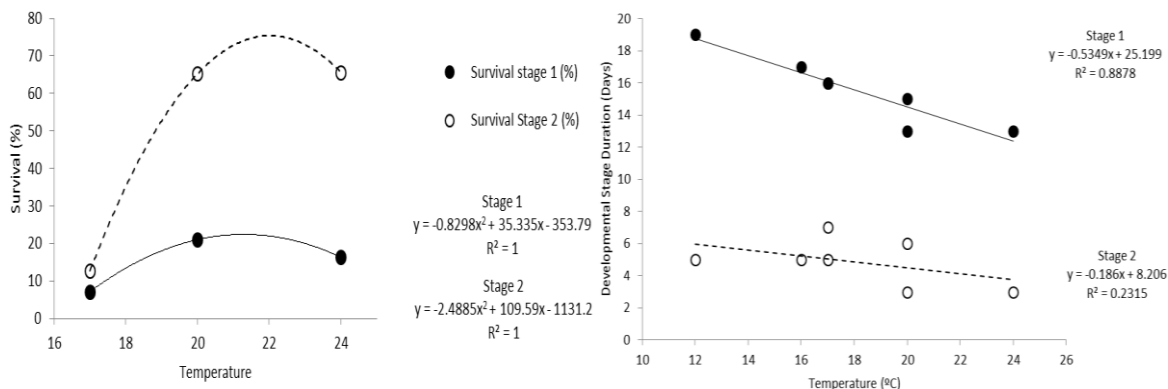


Figura 6- À esquerda gráfico representativo da sobrevivência das larvas em cada fase segundo Sánchez-Lazo *et al.* (2012), à direita gráfico representativo do crescimento larvar segundo Ruiz *et al.* (2008) e Sánchez-Lazo *et al.* (2012)

Através da mortalidade é calculada a probabilidade de sobrevivência das diferentes larvas virtuais emitidas. Desta maneira é possível obter a probabilidade de zero a cem de larvas que sobrevivem ao longo do tempo. No modelo por motivos computacionais são emitidas menos partículas que o número real de larvas de mexilhões emitidos na natureza. Logo, foi considerado que cada partícula representa cem larvas de mexilhões, e a probabilidade de sobrevivência calculada pelo modelo representa o número de larvas de mexilhões vivas naquele grupo de cem indivíduos, em cada instante.

O domínio utilizado pelo ROFF neste trabalho é o domínio RD (ver Figura 5), ou seja idêntico ao domínio secundário do ROMS-AGRIF, 40° N até a 44,5° N e desde 8° W até os 10,5° W, a integração das partículas é realizada com um intervalo de tempo de 300s.

Para representar melhor o comportamento das larvas de mexilhão, o ROFF limita a migração vertical das partículas entre duas profundidades diferentes. A profundidade depende da idade que cada partícula tem (calculada pelo modelo). As larvas tem três estágios larvares diferentes e sabendo que as fases Velígera em D e Velígera Umbonada tem um crescimento mais lento quando comparado com as larvas Pedivelígera. Este crescimento representado na reta de crescimento proposta por Ruiz *et al.* (2008) e Sánchez-Lazo *et al.* (2012) que na Figura 6 denominada por estágio 1, e o crescimento das larvas Pedivelígera denominado de estágio 2 na Figura 6. Para introduzir a reta no modelo foi utilizada a seguinte estratégia matemática, que a fase Velígera em D para o modelo começa no 0 e vai até 0,6 de idade, a fase Velígera Umbonada vai dos 0,6 ao 1 e por último a fase Pedivelígera que começa em 1 e acaba 2,4. Assim para confinar as partículas a certas profundidades, foi definido que flutuadores com idades compreendidas entre as idades 0 e 1

encontram-se a uma profundidade mínima 0 m e máxima de 10 ± 2 m. Quanto as partículas com idades entre 1a 2,4 são mantidas entre as profundidades de 5 ± 2 a 20 ± 2 m.

A emissão de larvas de mexilhão é variável ao longo do ano, como mostra a Figura 7 (Philippart *et al.* (2012)) consistente na curva que representa a emissão media de larvas de mexilhão na costa Oeste da Península Ibérica.

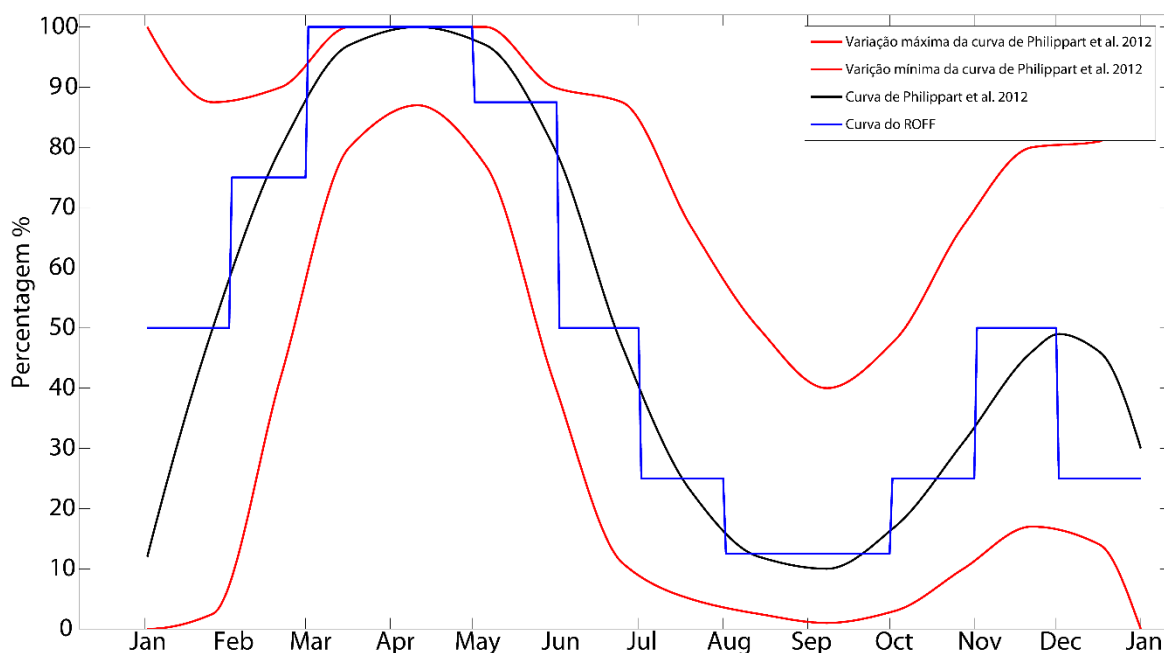


Figura 7- Curva representativa da emissão de larvas de mexilhão para a costa Oeste da Península Ibérica segundo Philippart *et al.* (2012)(verde), curvas que representam a variação da curva de Philippart *et al.* (2012)(vermelho) e curva introduzida no ROFF (azul)

Para introduzir uma curva de emissão no modelo numérico ROFF o mais representativa possível em relação à curva sugerida em Philippart *et al.* (2012) (Figura 7), foram extraídos os valores médios emitidos em cada mês. Sabendo que o máximo é 100%, foi proposta uma curva que representava a percentagem de cada mês. Os meses de março e abril estão representados com 100% na emissão de larvas, por ser os meses com maior emissão. Seguidamente, os meses que apresentam elevados valores de produção larvar são maio com 87,5% e fevereiro com 75%. Os meses de janeiro, junho e novembro apresenta 50% da produção de larvas de mexilhão em relação ao máximo. Finalmente, os meses que apresentam uma menor produção de larvas são os meses de julho, outubro e dezembro com 25%, e por último os meses de agosto e setembro com apenas 12,5%.

Para respeitar estas percentagens foi seguida a seguinte estratégia, só são emitidas larvas nos picos das Preia-mar. As partículas são emitidas em simultâneo de todos os pontos de emissão (denominamos lançamentos os momentos em que são emitidas partículas de todos os pontos de emissão). Considerou-se um máximo possível é dois lançamentos por Preia-mar separados por um período de uma hora. Assim para respeitar as percentagens anteriormente referidas, foi estabelecido que 100% era o equivalente em quatro Preia-mares onde existem oito lançamentos,

dois lançamentos por Preia-mares. No caso de 87,5% existem sete lançamentos em quatro Preia-mares seguidas. Quando são 75%, equivale a seis lançamentos em quatro Preia-mares seguidas, e assim sucessivamente até os 12,5%, tal como é esquematizado na Figura 8.

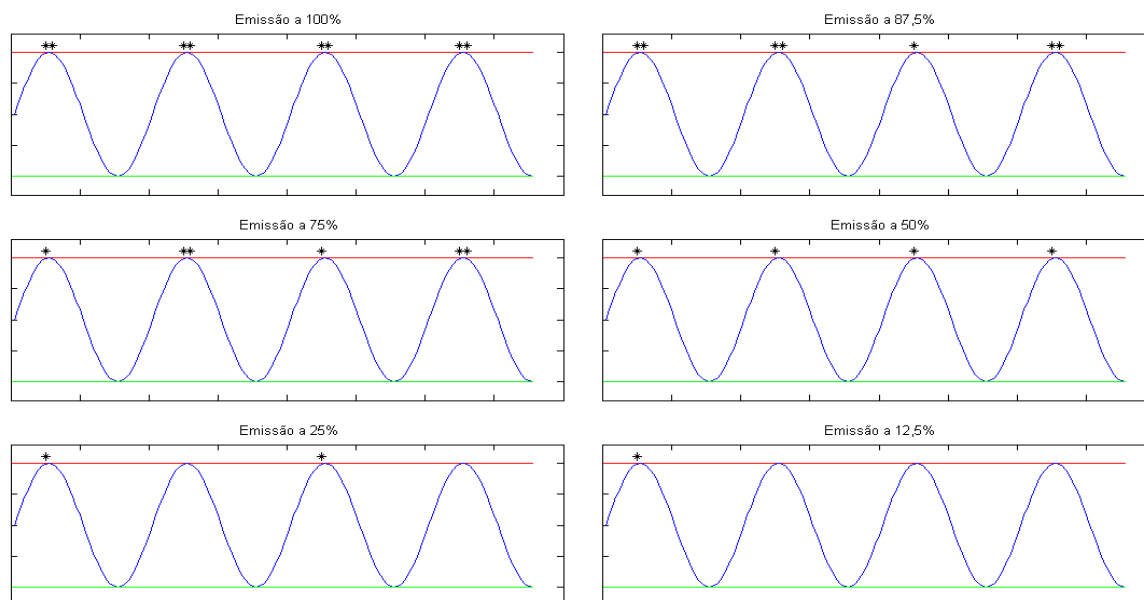


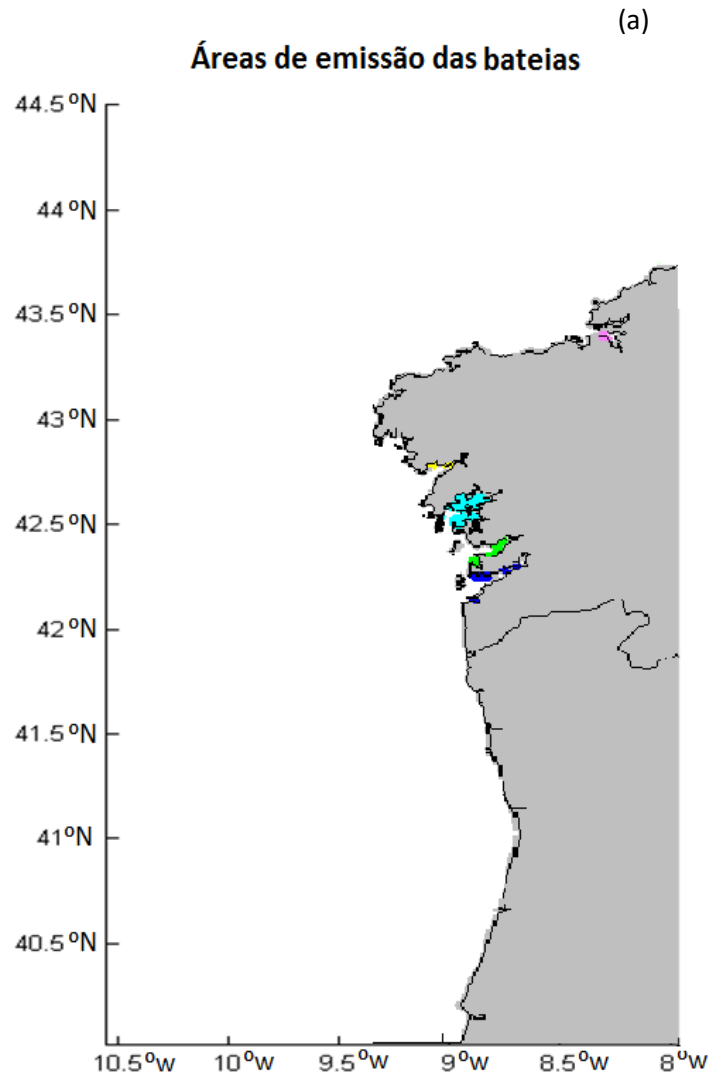
Figura 8-Representação esquemática dos lançamentos (linha vermelha representa a preia-mar, a azul a representação de uma maré idealizada, a verde representa a baixa-mar). Os meses com percentagem de lançamentos de 100%, 75%, 50%, 25% e 12,5%, respetivamente, estão representados esquematicamente.

Outro ponto importante em relação aos lançamentos das partículas é a sua posição inicial. Para tentar diminuir o tempo de cálculo e o custo computacional, foi decidido efetuar a divisão das simulações em duas zonas: zona rochosa e zona de bateias.

Nas emissões das zonas rochosas, foram observadas imagens de satélite através do *Google Earth* para determinar as zonas da linha de costa em que seria considerada como zona rochosa de emissão (conforme Figura 9). Para rentabilizar a capacidade computacional foi feita uma divisão das simulações em períodos de 3 meses. Para o caso das zonas rochosas as larvas foram emitidas a uma profundidade de 0,5 m, a zona de estudo foi dividida em diferentes áreas conforme indicado na Figura 9.

O número de larvas emitido por uma bateia é equivalente a cerca de 6 km de costa rochosa 100% coberta (comunicação pessoal da Doutora Laura Peteiro). Dado que o modelo emite o mesmo número de larvas por área rochosa, foi considerado que existe um fator 19 a ser multiplicado nos resultados das bateias para esta proporção ser respeitada. Este fator foi calculado tendo em conta o número total de bateias (3337 bateias), o número de km de costa rochosa que cada bateia equivale (6 km) e o total de km da linha de costa rochosa utilizado no estudo como emissor de larvas (1053 km).

No caso da emissão das bateias (ver Figura 9), dado que a localização destas é conhecida, foram colocados pontos de emissão nos locais onde estas se encontram. As partículas foram emitidas a quatro profundidades diferentes aos 0,5 m, 2,5 m, 5 m e aos 7,5 m.



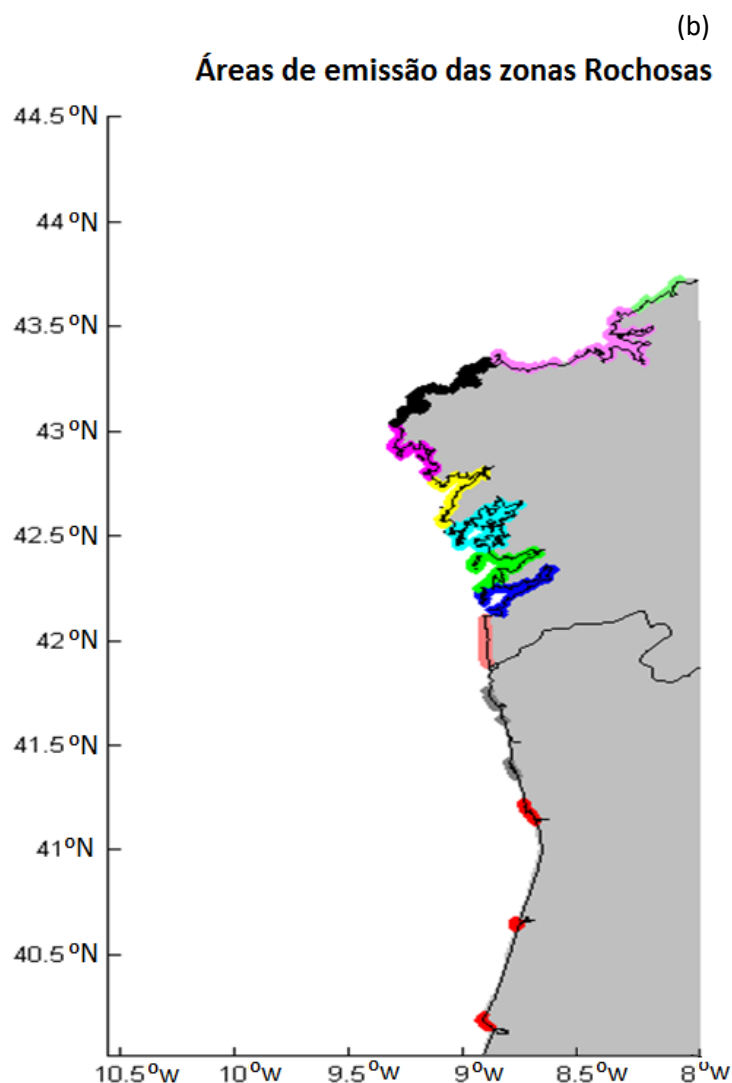


Figura 9- Localização das áreas das emissões representativas de bateias (a) e das zonas rochosas (b). As diferentes regiões de análise de emissão são representadas em diferentes cores.

2.3 Tratamento de dados

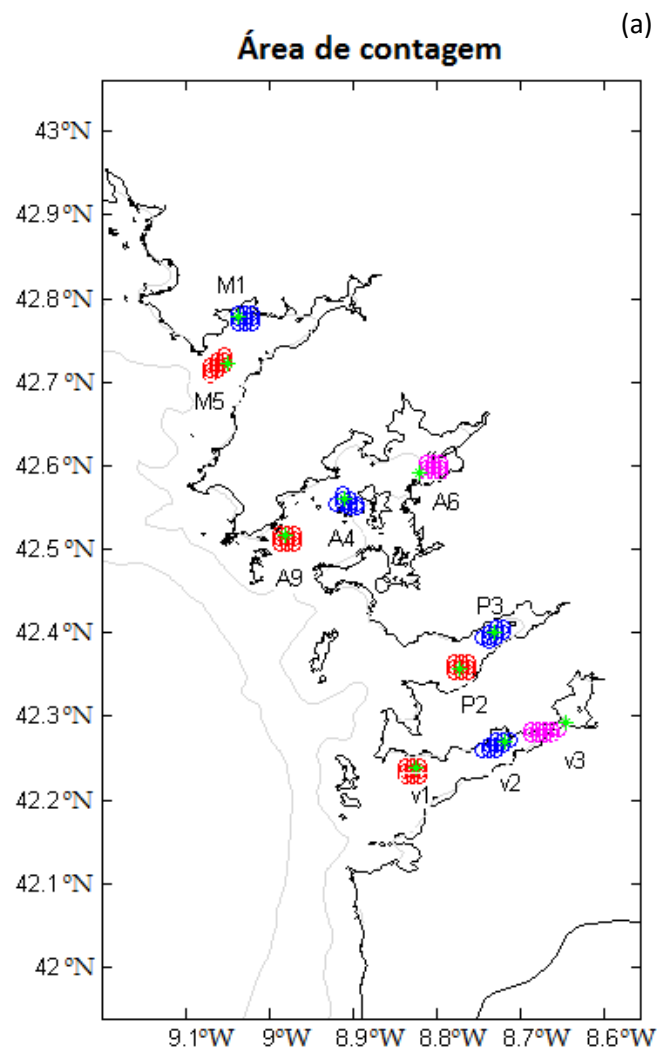
As trajetórias das partículas simuladas são integradas pelo modelo ROFF e guardadas em ficheiros. Para o tratamento desta informação, foram desenvolvidos códigos computacionais que nos permitem efetuar dois tipos de estudo nos dados simulados: Comparação com os dados recolhidos pelo INTECMAR e o estudo espacial e temporal do recrutamento.

A maior parte dos flutuadores que são emitidos, conseguem circular livremente. No entanto, alguns destes ficam retidos devido a topografia e são denominados como flutuadores presos, o pré-processamento identifica estas situações e elimina estes do processamento.

Na primeira parte do processamento são contabilizadas as partículas nas diferentes zonas de contagem, predefinidas para as três fases larvares (fase Velígera em D, Velígera Umbonada e Pedivelígera). Para evitar com que haja uma sobre contagem nos dados, foi introduzido no código uma condição que só contaria as larvas uma vez em cada região de contagem em cada fase.

Devido à disposição das idades introduzidas no modelo, isto poderia fazer com que logo que uma larva fosse emitida e estivesse perto de um local de contagem esta seria contabilizada. Para que isto não aconteça foi imposta a condição de que as partículas só poderiam ser contadas se tivessem sido emitidas há mais de dois dias. As estações de contagem (ver Figura 10) encontram-se nos mesmos locais que as estações das campanhas realizadas pelo INTECMAR.

Uma segunda parte do estudo é a contagem das larvas presentes nas zonas de recrutamento (Figura 10), mas só na fase Pedivelígera. Para evitar que uma partícula fosse contabilizada várias vezes, esta, ao passar num local de recrutamento o valor da sua sobrevivência fica igual a 0, assim logo depois esta partícula não é tomada em conta.



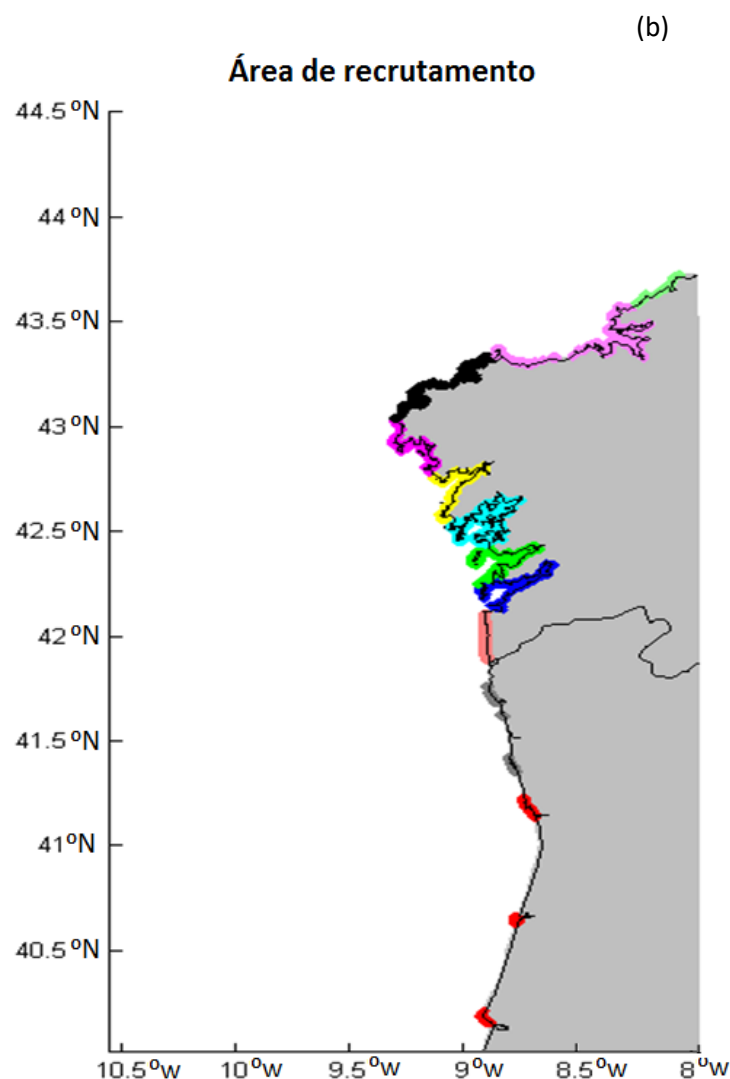


Figura 10- Localização das áreas de contagem (a) e das áreas de recrutamento (b), As diferentes regiões de análise de receção são representadas em diferentes cores.

2.4 Tratamentos estatísticos dos recrutamentos

Com o objetivo de representar de maneira perceptível a origem das larvas que recrutam nas diferentes regiões em estudo, seguiu-se a metodologia utilizada em Nolasco *et al.* (2013). Consiste em representar a modelação realizada através do ROFF em matrizes de conectividade, visto que estas fornecem uma visão de distribuição das larvas que recrutaram, de onde recrutam e de onde provêm ao longo de todo o domínio.

Para obter um panorama que nos possibilite efetuar a análise ao longo do ano, o estudo foi dividido em quatro períodos de três meses. Quando uma larva simulada chega à idade de maturidade (1 a 2,4 ver secção 2.2) ao passar por uma zona de recrutamento, esta é considerada que recruta nesse

momento. Seguidamente é guardada a informação do local onde recruta. Assim sendo, cada flutuador tem informação do local onde foi emitida e onde recruta, ao longo do tempo.

O código separa os dados em recrutamento por dia. Seguidamente, é constituída uma matriz diária onde é possível obter o número de larvas que foram recrutadas em cada região proveniente de cada ponto de emissão, ou seja uma Matriz de conectividade (denominada por matriz R) por cada dia, em que cada linha corresponde à área de emissão e cada coluna à áreas onde recruta.

$$R = \begin{bmatrix} r_{1,1} & \dots & r_{1,11} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{11,1} & \dots & r_{11,11} \end{bmatrix}$$

As matrizes R foram normalizada pelo número de larvas emitidas no ano de 2009 que não ficaram presas.

$$R_N = \left(\frac{R}{N_t} \right)$$

A partir destas matrizes de conectividade individuais é calculado uma matriz para de cada trimestre R_N , deste modo obtemos a matriz de recrutamento do período em análise. Com o objetivo de obter uma imagem abrangente, a representação gráfica é feita com escala logarítmica.

Existem dois métodos possíveis para analisar as matrizes. O primeiro método pode ser através da análise das colunas da matriz, onde é fornecida a informação da origem das larvas que são recrutadas numa determinada região. Por outro lado, também é possível analisar as linhas da matriz, onde nos é fornecida a informação do destino onde se dirigem as larvas emitidas por uma determinada região. Neste estudo analisaremos através das colunas.

Para uma análise mais adequada foi representado o forçamento do vento em duas rosas-dos-ventos. Uma que vai representar os forçamentos introduzidos pelo modelo a norte do domínio, aproximadamente em frente das Rias Baixas Galegas (42,5°N e 9,5°W), a segunda representa o forçamento da parte sul do domínio (41,5°N e 9,5°W), nesta está representada a direção em percentagem de ocorrência. No que refere à intensidade estão representadas numa escala de cores.

Nesta fase também é realizada uma análise ao suprimento líquido, ou seja às larvas que são emitidas com sucesso e recrutam (S_{emi}), subtraindo-as pelo número de larvas que essa região recrutou (independentemente da região onde estas provêm) (S_{reti}). Para o efeito são utilizados os valores da Matriz R_N (em que i ($i=1$ até k) são as linhas e j ($j=1$ até l) as colunas da matriz R_N). Conforme a seguinte equação:

$$S_{emi_i} = \sum_{j=1}^l r_{i,j}$$

$$S_{reti_j} = \sum_{i=1}^k r_{i,j}$$

$$\text{Suprimento líquido}_i = S_{emi} - S_{reti}$$

Com os resultados provenientes do suprimento líquido é possível observar que, se num determinado período do ano, o número de larvas emitidas com sucesso for superior ao número de larvas recrutadas na região, então suprimento líquido será positivo. Por outro lado, se o número de larvas recrutadas na região for maior ao número de larvas emitidas com sucesso então o suprimento será negativo.

Esta análise é feita ao longo todo o domínio, mas para ter as representações gráficas numa escala de distância mais representativa da realidade, foi calculada a distância do ponto médio de cada uma das regiões. Com origem no ponto mais a sul da configuração numérica. Quando foi feito o cálculo da distância do ponto médio das Rias, este ponto foi considerado a meio da boca da Ria.

Durante a análise é preciso ter em conta que existem três regiões (Aveiro, Corunha e Valdovinho) que se encontram muito perto do limite do domínio. Os resultados são alterados, pois não são consideradas as larvas que poderiam ser recrutadas nestas regiões, que fossem oriundas de alguma origem que se encontre fora do domínio, devido a isto o gráfico do suprimento líquido só considera as regiões desde Viana do Castelo até à Costa da Morte.

2.5 Tratamentos estatísticos da densidade larvar Simulada

Com o objetivo de calcular a dispersão larvar de cada um dos estágios larvares foi retido o cálculo de três matrizes, uma para cada uma das fases larvares. À cada matriz é considerado o número de larvas contadas em cada Ria que tem pontos de amostragem. Em semelhança da análise feita ao recrutamento, também são guardados os locais de emissão, pois estas matrizes representam o valor total contado em cada ponto de amostragem no ano de 2009.

A normalização foi feita através da divisão de cada um dos valores de abundância obtidas nas matrizes pelo máximo de cada uma das fases, esperando que deste modo seja conservado a proporção entre as Rias.

3. Resultados

Nas campanhas semanais realizadas pelo INTECMAR, os dados da abundância são apresentados em *número de larvas por metro quadrado*. Devido ao facto do modelo não poder ser aplicado utilizando esta unidade, é necessário recorrer à normalização dos dados.

Os dados são apresentados individualmente por cada Ria. Para o efeito somaram-se os valores de cada estação para cada uma das Rias, assim obtendo os valores de abundância por Ria.

O processo de normalização adotado consiste em dividir as quantidades amostradas pelo valor máximo de cada Ria em cada uma das fases. Seguiu-se este processo devido às fortes diferenças na emissão, entre Rias, por exemplo entre Arousa e Muros, em que a Ria de Arousa emite muito mais quantidade do que a Ria de Muros. Um outro motivo pelo qual se recorreu a este método de normalização foi a disparidade entre as próprias fases, devido a serem processos ontogenéticos em que há sempre mortalidade dos indivíduos ao longo do seu crescimento, o que faz com que a fase Pedivelígera tenha valores de abundância muito inferiores aos da fase Velígera em D.

Após o processo de normalização é possível observar mais detalhadamente os dados. Além disso esta metodologia permite a comparação direta entre os dados do modelo e dados observações nas campanhas oceanográficas, como será realizado á frente.

3.1 Resultados das Campanhas

3.1.1 Fase Velígera em D

Na fase Velígera em D (ver Figura 11), no caso da Ria de Vigo observa-se um máximo absoluto no mês de março. Quanto à Ria de Pontevedra o máximo absoluto é observado no mês de maio e também destacam-se no mês de junho dois máximos relativos. Na Ria de Arousa é claro a existência de dois máximos absolutos nos meses de abril e junho, observa-se também que os máximos relativos se encontram mais separados do que no caso da Ria de Pontevedra. Verificou-se também que na Ria de Muros não existe um máximo que se destaque, existindo três máximos muito semelhantes, nos meses de março, junho e agosto.

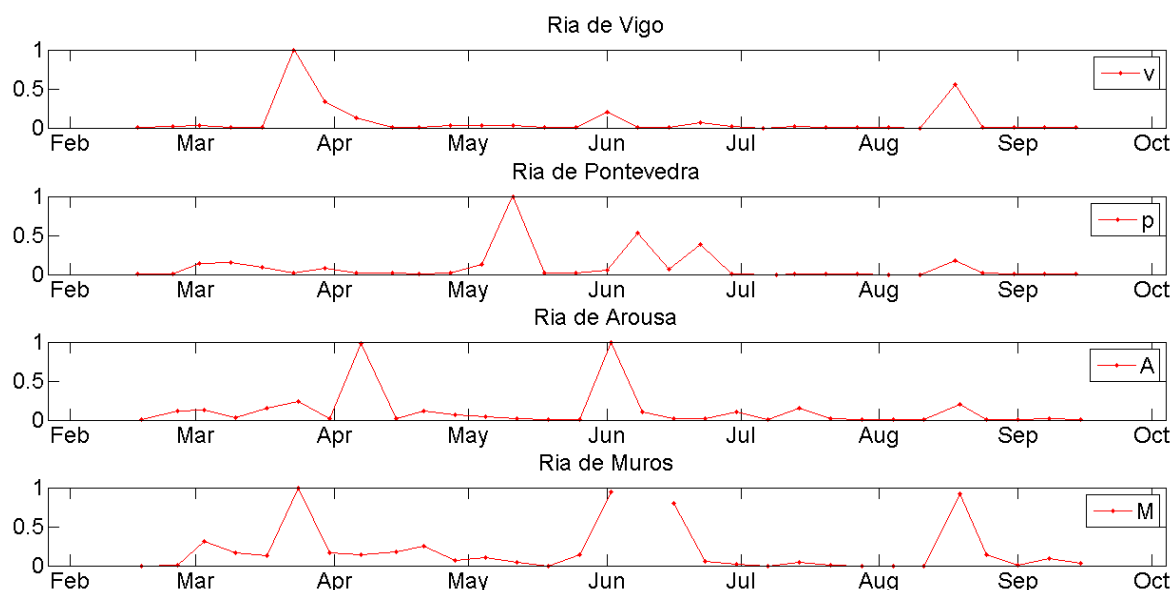


Figura 11-Representação gráfica da abundância das larvas Velígera em D normalizada por Ria

3.1.2 Fase Velígera Umbonada

Quanto às larvas Velígera Umbonada (ver Figura 12), em geral existe um atraso em relação a fase Velígera em D. Na Ria de Vigo observa-se claramente que o máximo deslocou-se para o mês de abril, quando comparado com a fase anterior, pois encontrava-se no mês de março. Na Ria de Pontevedra observa-se desta vez o máximo absoluto no mês de junho e os picos secundários estão mais afastados desta vez. Na Ria de Arousa nesta fase há mais homogeneidade, no entanto destaca-se o mês de julho. Na Ria de Muros verifica-se, assim com nos outros casos para esta mesma fase e quando comparada com a fase anterior, um deslocamento dos máximos.

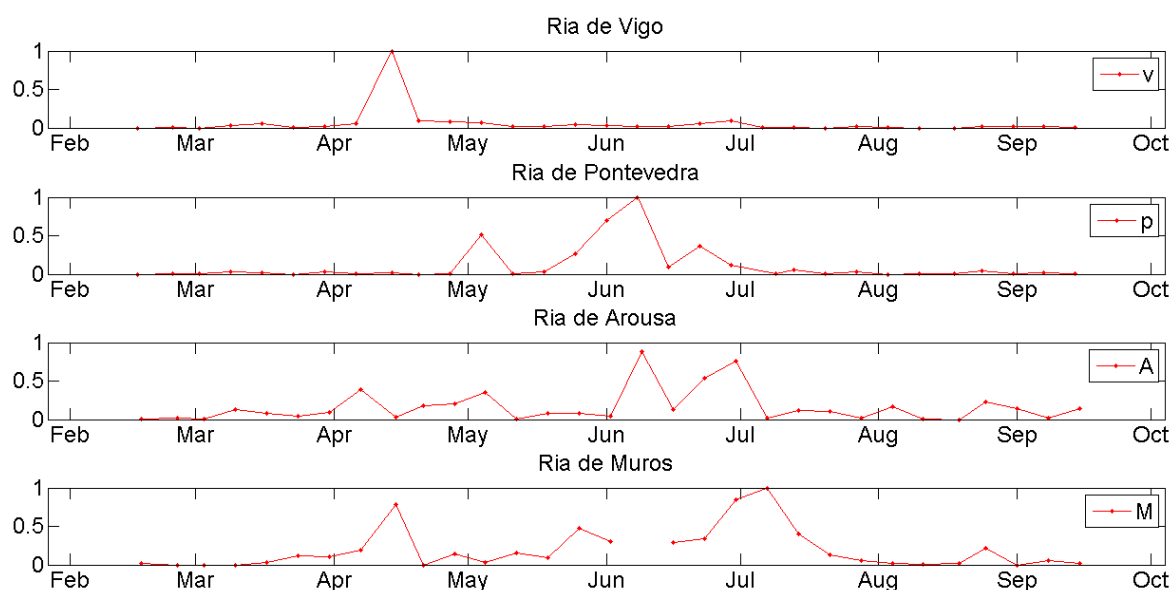


Figura 12- Representação gráfica da abundância das larvas Velígera Umbonada normalizada por Ria

3.1.3 Fase Pedivelígera

Na fase de larvas Pedivelígera (ver Figura 13), é de esperar que os picos se encontrem aproximadamente entre 4 a 6 semanas à frente dos picos da fase em Velígera em D, uma vez que está a última fase de crescimento das mesmas. Este comportamento é observado em todas as Rias. Na Ria de Vigo o máximo ocorre a finais de abril. Quanto à Ria de Pontevedra o pico máximo encontra-se no mês de junho, apresentando também um máximo relativo em maio. Para o caso da Ria de Arousa o máximo absoluto desloca-se até junho, verifica-se também uma atenuação dos máximos, quando comparados com a fase anterior, o que pode indicar que houve mortalidade ou então que estas foram perdidas por advecção. Na Ria de Muros observa-se um máximo absoluto para o mês maio, que corresponde à deslocação do máximo ocorrido em abril para fase anterior. Nesta mesma Ria, verifica-se uma atenuação do máximo absoluto da fase anterior, podendo explicar-se da mesma forma que no caso da Ria de Arousa, por mortalidade ou advecção das larvas.

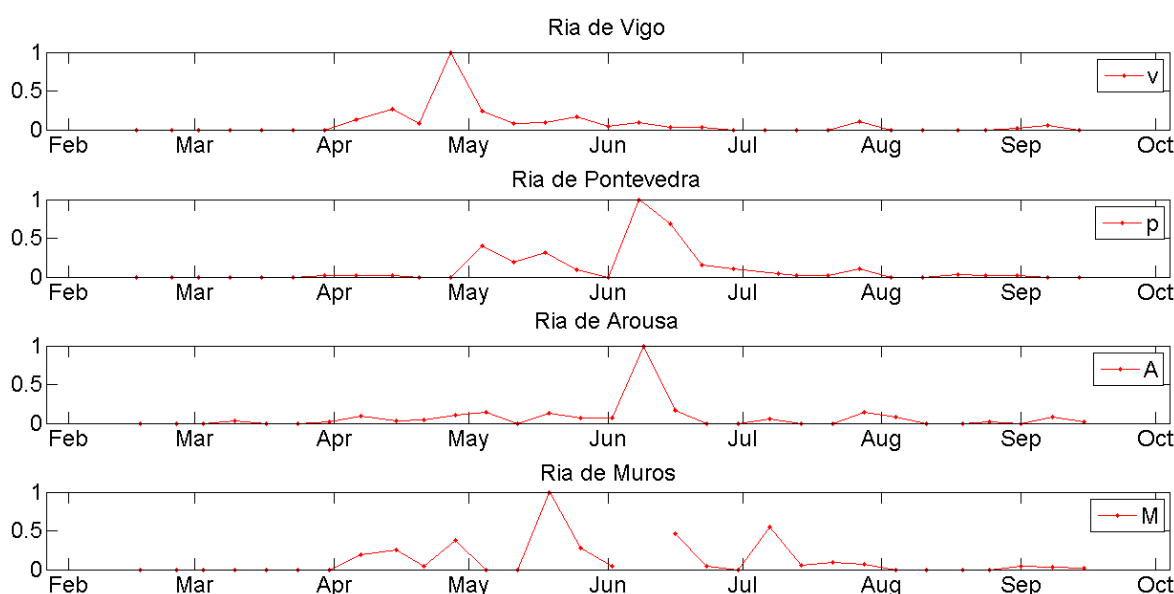


Figura 13- Representação gráfica da abundância das larvas Pedivelígera normalizada por Ria

3.2 Resultados do modelo

Na representação dos dados do modelo foi decidido que seriam representados os dados do modelo sobrepostos aos dados da campanha discutidos na secção anterior, de maneira a facilitar a sua comparação.

3.2.1 Fase Velígera em D

Na fase Velígera em D (ver Figura 14), no que refere à Ria de Vigo observa-se que os dados modelados tem uma serie de máximos desde abril até a primeira semana de maio. Este foi o período em que o modelo registou o máximo de abundância, em comparação entre os dados do modelo e da campanha observa-se que há poucos períodos que estas coincidem. As duas curvas são

Resultados

coincidentes no do mês de junho, em que ambos, o modelo e as observações mostram um número reduzido de larvas *Velígera* em D. Durante os meses de verão julho-agosto e em valores baixos, (com exceção de um pico em uma semana de agosto que o modelo não representa).

Na Ria de Pontevedra é claro que o máximo encontra-se no mês de maio. Nesta Ria existe um ajustamento maior entre os registos do modelo e os registos de campo, com exceção do mês de abril. É relevante referir que nalguns períodos, nomeadamente no mês de maio, existem desfasamentos temporais entre as curvas.

Relativamente à Ria de Arousa, o máximo de abundância encontra-se no mês de abril. Durante a comparação dos dados, podemos verificar que nos meses de março e de julho-setembro é observado um ajuste entre as duas curvas. Durante o mês de abril verificou-se um máximo de abundância, tanto no modelo como nos dados das campanhas, mas existe um desfasamento de cerca de duas semanas. Seguidamente, encontra-se o mês de junho, sendo o segundo mês com maior abundância, segundo os dados de campo. Isto é visível no modelo com um máximo de dimensões inferiores nesse mesmo mês, continuando a observar um desfasamento temporal com os resultados modelados.

Na Ria de Muros nos dados do modelo destacam-se uma série de máximos entre os meses de março, abril e maio. Ao comparar os dados observa-se que nos primeiros dois meses, nos dados do modelo, existe um desfasamento. No entanto, ao contrário das outras situações já referidas anteriormente, os máximos do modelo aparecem adiantados em relação às observações.

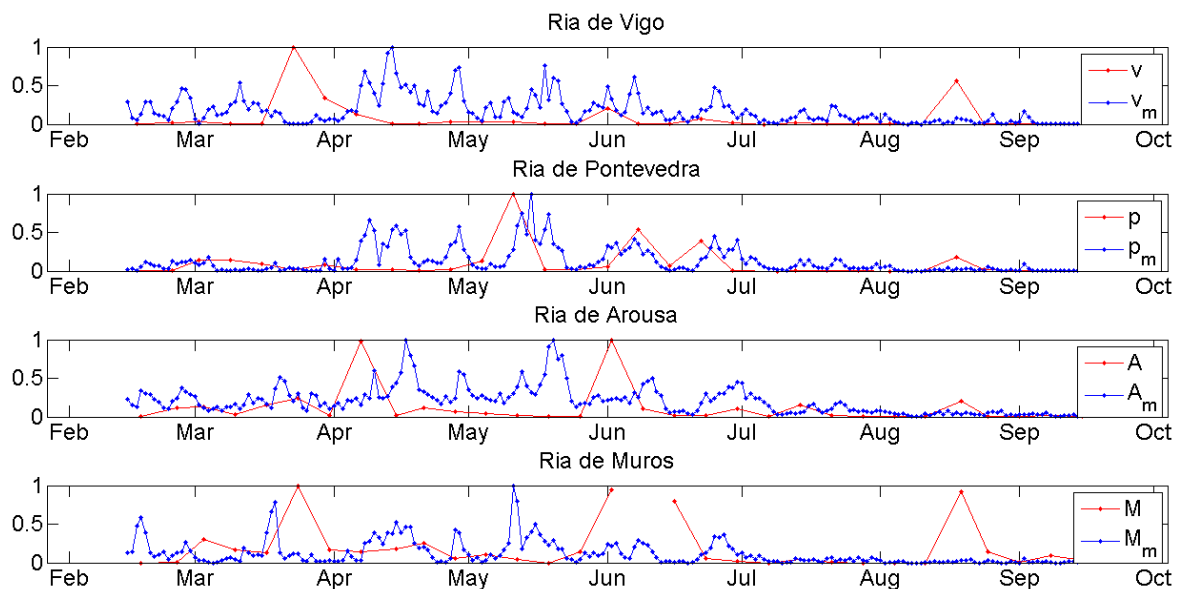


Figura 14- Representação gráfica da abundância das larvas *Velígera* em D normalizada por Ria, em vermelho os dados da campanha e azul os dados modelados pelo modelo ROFF

3.2.2 Fase Velígera Umbonada

Quanto à fase Velígera Umbonada (ver Figura 15), segundo os dados do modelo na Ria de Vigo destaca-se um máximo de abundância no mês de abril e vários máximos relativos entre os meses de maio até julho. Na comparação das duas curvas, é claro que se observa uma melhoria no ajuste entre elas, embora é implícita a existência de algum desfasamento entre os dados, modelos e observados.

Na Ria de Pontevedra observam-se quatro máximos que têm alguma importância. Estes acontecem nos meses de abril até julho. Na comparação dos dados, é possível considerar que o modelo consegue indicar que os meses com mais abundância foram desde abril até julho, e nos dados da campanha observamos que os meses que tem maior abundância são os meses de maio até julho.

Na Ria de Arousa observamos que existem três máximos que se destacam, um no mês de maio e dois nos meses de junho e início de julho. Ao fazer a comparação, verificamos que o máximo do mês de junho está nas duas curvas e que o máximo relativo de julho também se encontra nas duas curvas. Por outro lado verifica-se que, o máximo do mês de maio que se encontra nos dados do modelo se encontra desfasado nos dados da campanha.

Na Ria Muros destacam-se três máximos, onde o mais importante se encontra no mês de junho. Quando é feita a comparação dos dados é possível observar que o máximo da curva dos dados do modelo estão próximos aos máximos da curva dos dados das campanhas. Quanto ao máximo absoluto no mês de junho, este não pode ser comparado com os dados da campanha devido a falta de dados nesse período.

Para as larvas Velígera Umbonada destaca-se a melhoria da coincidência entre os dados do modelo e os dados do campo, isto é claro em todas as Rias. No entanto, a Ria de Vigo destaca-se devido a esta estar muito melhor representada pelo modelo nesta fase.

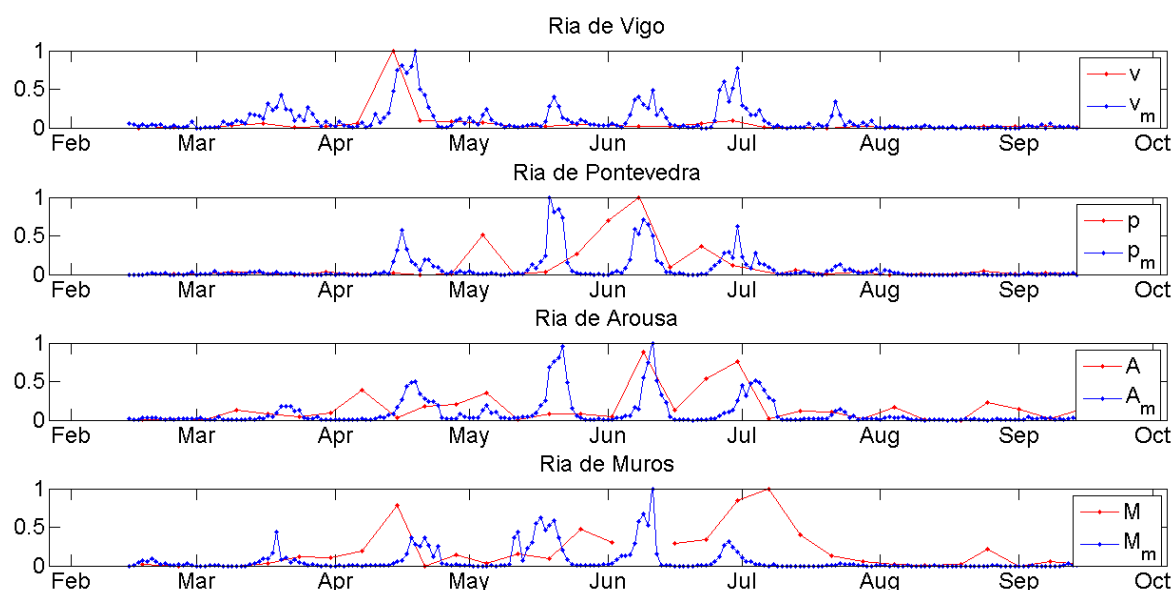


Figura 15- Representação gráfica da abundância das larvas *Veligera Umbonada* normalizada por Ria, em vermelho os dados da campanha e azul os dados modelados pelo modelo ROFF

3.2.3 Fase Pedivelígera

Na fase Pedivelígera (ver Figura 16), na Ria de Vigo observa-se um máximo absoluto no mês de julho, e um máximo relativo no mês de abril. Na comparação dos dados, é visível que existe um máximo absoluto do modelo que não aparece nos dados de campo, mas ao observar o máximo relativo verificamos que este coincide parcialmente com o máximo absoluto dos dados das campanhas. Outro facto importante que o modelo representa é a ausência de larvas a partir de inícios de julho, pois estes estão bem representados pelo modelo já que a maior parte dos valores baixos estão coincidentes nas duas curvas.

Na Ria de Pontevedra observa-se um máximo em junho e alguns máximos relativos entre finais de abril até o mês de julho. Quando comparados os dados, é possível verificar que o período onde os dados da campanha e do modelo tem os máximos é entre finais de abril e junho.

Na Ria de Arousa observam-se três máximos importantes nos meses de maio, junho e julho. Também existe um pequeno máximo no final de abril. Ao comparar as duas curvas observa-se que, tanto nos dados de campo como nos dados do modelo, o mês de junho apresenta um máximo. Por outro lado, também é possível observar que os máximos relativos também são representados em ambas as curvas, quer nos dados modelados se encontram no mês de maio e o máximo no final do mês de abril.

No caso da Ria de Muros, nos dados do modelo, existe um máximo no período compreendido entre os meses de abril até julho. Ao observar os dados sobrepostos, é possível verificar que o modelo conseguiu representar de uma forma mais satisfatória recrutamento de larvas em fase Pedivelígera nesta Ria.

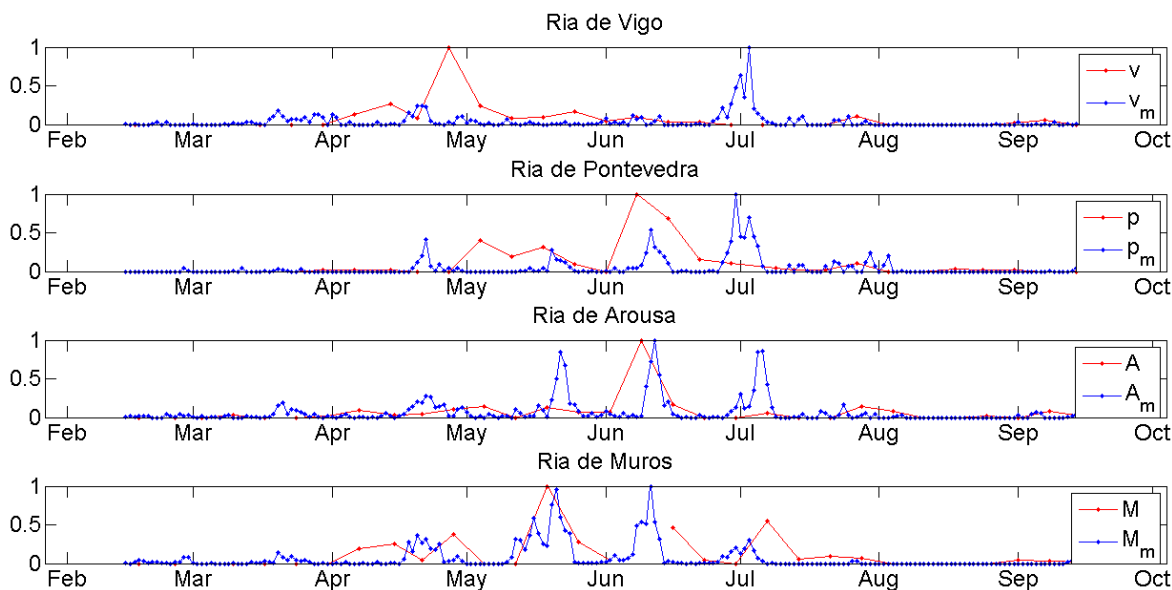


Figura 16 - Representação gráfica da abundância das larvas *Pedivelígera* normalizada por Ria, em vermelho os dados da campanha e azul os dados modelados pelo modelo ROFF

Ao observar as três fases podemos dizer que o modelo representa melhor a terceira fase ou seja a fase *Pedivelígera*.

3.3 Análise do recrutamento

Para obter uma análise ao longo do ano foram elaboradas quatro matrizes de conectividade com a metodologia descrita na secção 2.4, cada uma delas representado três meses do ano. A primeira de janeiro a março, a segunda de abril a junho, a terceira de julho a setembro e por último de outubro a dezembro. De maneira a analisar com mais detalhe estes períodos, representou-se a tensão do vento em forma de rosa-dos-ventos, em duas localizações diferentes, uma que representa os ventos da costa centro-norte de Portugal (41,5°N e 9,5°W) e outra em frente das Rias Baixas Galegas (42,5°N e 9,5°W). Ver localização na Figura 17.

As diferentes regiões de norte a sul que são representadas por Val (costa de Valdovinho), Cor (costa da Corunha), CM (costa da Morte), Fin (Finisterre), Mur (Ria de Muros e Noia), Aro (Ria de Arousa), Pon (Ria de Pontevedra), Vig (Ria de Vigo), Bai (costa de Baiona até Guardia), Vai (costa de Viana do Castelo e região do Poto), Ave (Ria de Aveiro e Figueira da Foz), estão representadas na Figura 17.

Antes de analisar as matrizes, é importante descrever o significado de autorrecrutamento. Este representa o recrutamento de larvas emitidas no mesmo local, isto é, onde estas recrutam. O autorrecrutamento na matriz de recrutamento é a diagonal principal, na representação gráfica este é assinalado através de uma linha a tracejado. A matriz será analisada na perspetiva de observar o que recruta em cada região, ou seja por colunas.

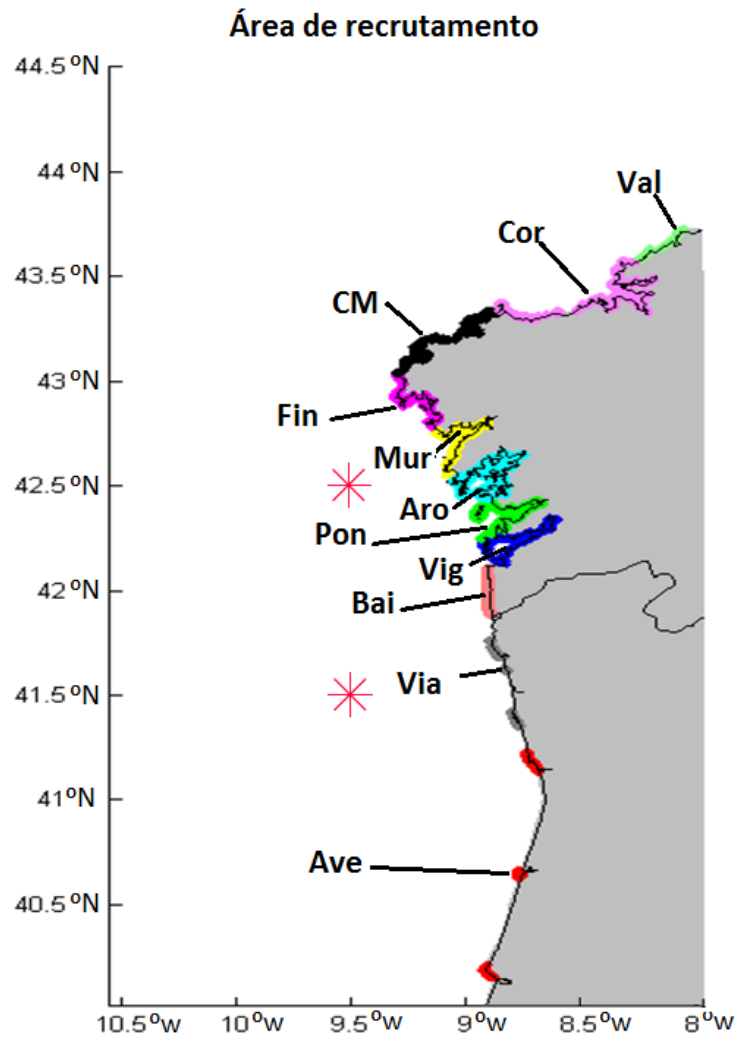


Figura 17-Representação gráfica da localização utilizada nas Matrizes de conectividade, e localização das rosas-dos-ventos (asteriscos vermelhos).

3.3.1 Análise do recrutamento do primeiro trimestre (janeiro até março)

Ao observar as rosas-dos-ventos de janeiro até março de 2009 que estão representadas na Figura 18, é visível que predominam os ventos de norte, sendo estes de baixa intensidade. Tanto nas regiões mais a norte como a localizadas mais a sul do domínio, os ventos predominantes foram dos quadrantes norte e nordeste. Os ventos com maior intensidade são ventos de sul e sudeste no caso das regiões localizadas mais a sul, e os ventos de sudeste para as regiões mais a norte.

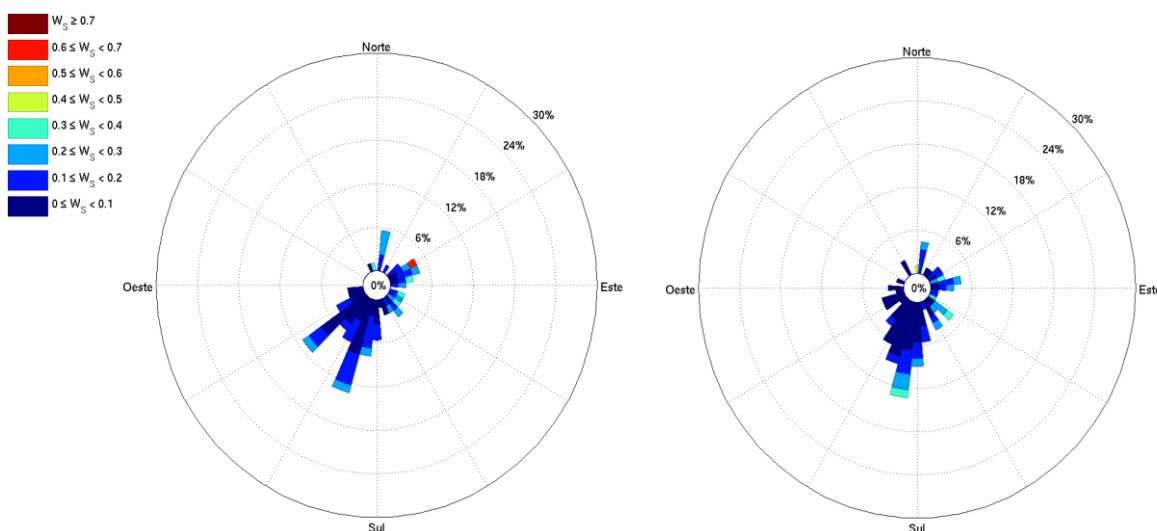


Figura 18- Representação do forçamento do vento em rosas-dos-ventos nos períodos de janeiro, fevereiro e março, à esquerda/direita encontra-se a rosa-do-vento representativa do norte/sul do domínio.

De forma a facilitar a compreensão dos resultados foram elaboradas duas descrições, uma geral onde são abordados os principais resultados da área de estudo, e uma descrição mais pormenorizada onde são analisados todos os locais de recrutamento.

-Descrição geral

Ao analisar o gráfico da matriz de conectividade (ver Figura 19) observa-se que a maior parte das larvas recrutadas estão por baixo da diagonal principal, o que nos indica que no geral há um transporte mais intenso para norte. Observa-se ainda que a região com maior autorrecrutamento é a Ria de Arousa. E a região que recrutou mais foi a região da Corunha.

-Descrição por regiões

Ao observar a representação gráfica da matriz de conectividade dos três primeiros meses (ver Figura 19) é perceptível que a maior parte das larvas simuladas são transportadas para regiões que se encontram a norte dos pontos de emissão. Esta situação verifica-se para todas as regiões. Quanto o autorrecrutamento observa-se que é mais elevado nos locais onde existem bateias.

Ao analisar as regiões a sul da Ria de Vigo, observa-se que os valores são baixos mesmo em autorrecrutamento. Observa-se também que na zona de Baiona, os locais que contribuem mais para o recrutamento são Pontevedra, Arousa e Vigo, sendo que a contribuição destes é superior que o seu autorrecrutamento.

Na zona de Vigo entre os meses de janeiro, fevereiro e março, predomina o autorrecrutamento. No entanto as Rias de Pontevedra e Arousa tem um contributo muito importante. É visível que o recrutamento em Vigo proveniente da Ria de Arousa é quase tanto quanto ao seu autorrecrutamento.

Na Ria de Pontevedra observa-se, que a maior parte das larvas recrutadas nesta Ria provêm da Ria de Arousa, este valor consegue ser superior ao do autorrecrutamento. Outro ponto a destacar é que o autorrecrutamento tem a mesma ordem de grandeza que as larvas que provem de Vigo.

Na Ria de Arousa é claro o domínio do autorrecrutamento. Verifica-se também que nesta Ria recrutam mais larvas provenientes de sul, do que as que vem do norte.

Na Ria de Muros, observa-se que a maior parte das larvas recrutadas provêm da Ria de Arousa. E que como foi verificada na Ria de Arousa, em Muros também a maior parte das larvas recrutadas provem das regiões a sul.

Nas Regiões de Finisterre e da Costa da Morte, é mais uma vês visível a importância da Ria de Arousa, já que esta é a principal fonte de emissão de larvas recrutadas nestas zonas. O autorrecrutamento destas é baixo, sendo este igual ou inferior quando comparado com o recrutamento que provem das Rias de Vigo, Pontevedra e Muros. Mesmo assim na zona da Costa da Morte e também visível a importância das emissões feitas na Corunha.

Na Corunha observa-se mais uma vez que a maioria das larvas recrutadas provêm da Ria de Arousa, mesmo havendo uma grande separação entre elas, aproximadamente 148 km de distância. A Ria de Arousa contribui mais no recrutamento na Corunha do que o seu autorrecrutamento.

Na região de Valdovinho, o máximo de recrutamento provem da zona da Corunha. Esta região tal com a de Aveiro, os resultados podem estar deturpados devido a que estes se encontram perto dos limites do domínio, e sabendo que o modelo só emite larvas dentro do seu domínio, estes locais ficam limitados quanto ao recrutamento.

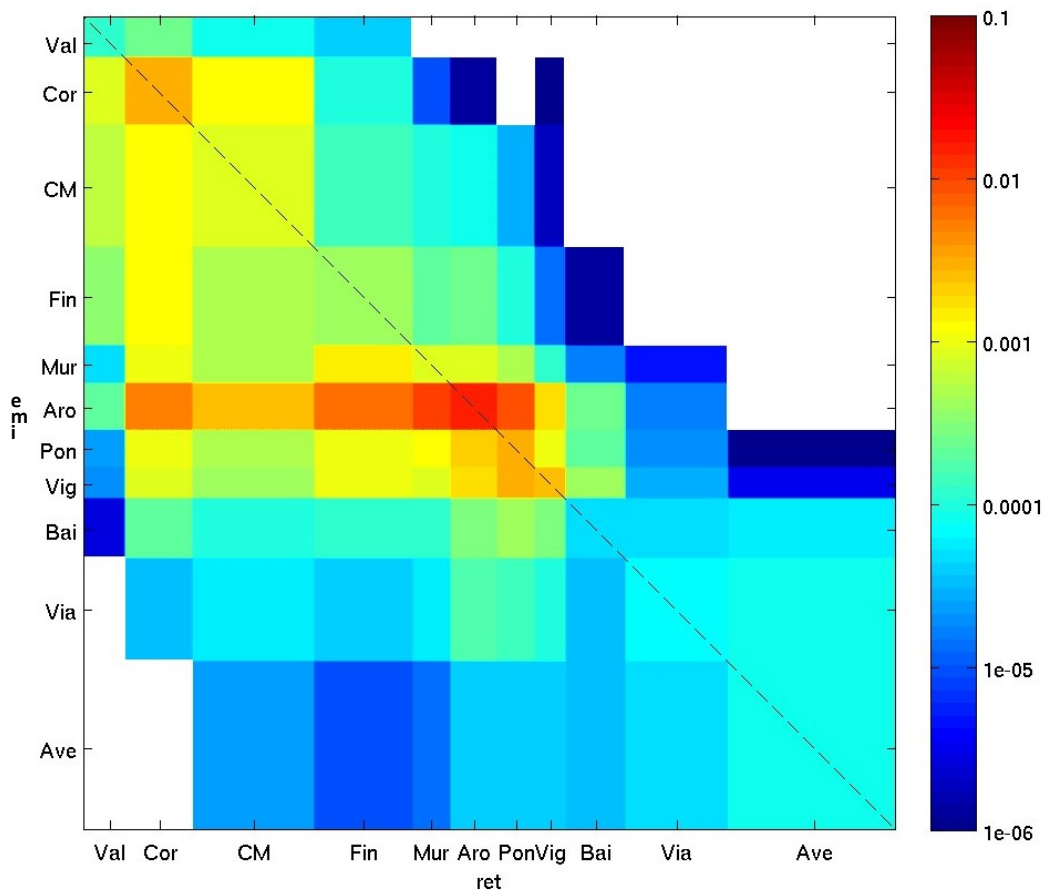


Figura 19-Representação gráfica da Matriz de conectividade para os meses de janeiro, fevereiro e março de 2009

Ao observar o gráfico do suprimento líquido no período de janeiro até março (ver Figura 20), é visível que a Ria de Arousa é o maior fornecedor de larvas, mesmo esta tendo valores de recrutamentos elevados, fornece muito mais às outras regiões do que recebe das mesmas. Outro local que se pode considerar fornecedor é a Ria de Vigo. Regiões como Viana do Castelo e Baiona são locais que se podem ser considerados neutros, ou seja o suprimento é próximo de zero. Quanto a Ria de Muros é claro que esta é a maior ponto sumidouro de larvas. A Ria de Pontevedra, Finisterre e a Costa da Morte também são pontos sumidouros, mas com menor escala que Muros.

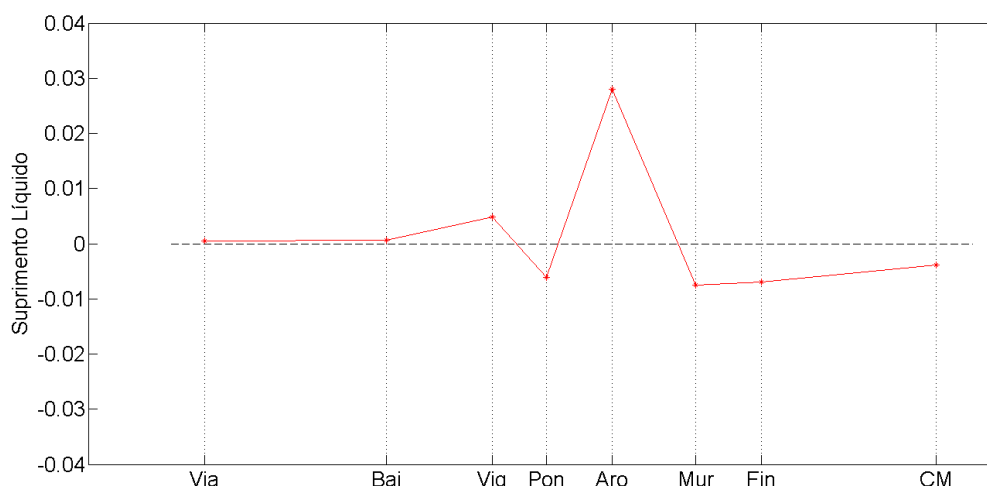


Figura 20- Gráfico representativo do suprimento líquido para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, no período de janeiro até março de 2009.

3.3.2 Análise do recrutamento do segundo trimestre (abril até junho)

Nas rosas-dos-ventos representativa do período de abril até junho (ver Figura 21), observa-se uma distribuição mais homogênea quando comparado ao período anterior. Verifica-se que não há eventos com intensidades fortes. No caso da rosa-do-vento da zona norte (à esquerda na Figura 21) o vento com maior percentagem de ocorrência foi de norte (aproximadamente 18%). A rosa-do-vento que se encontra mais a sul (à direita na Figura 21) os ventos de Nor-noroeste são os que têm maior percentagem de ocorrência (aproximadamente 14%), mesmo assim existem períodos com ventos de sul.

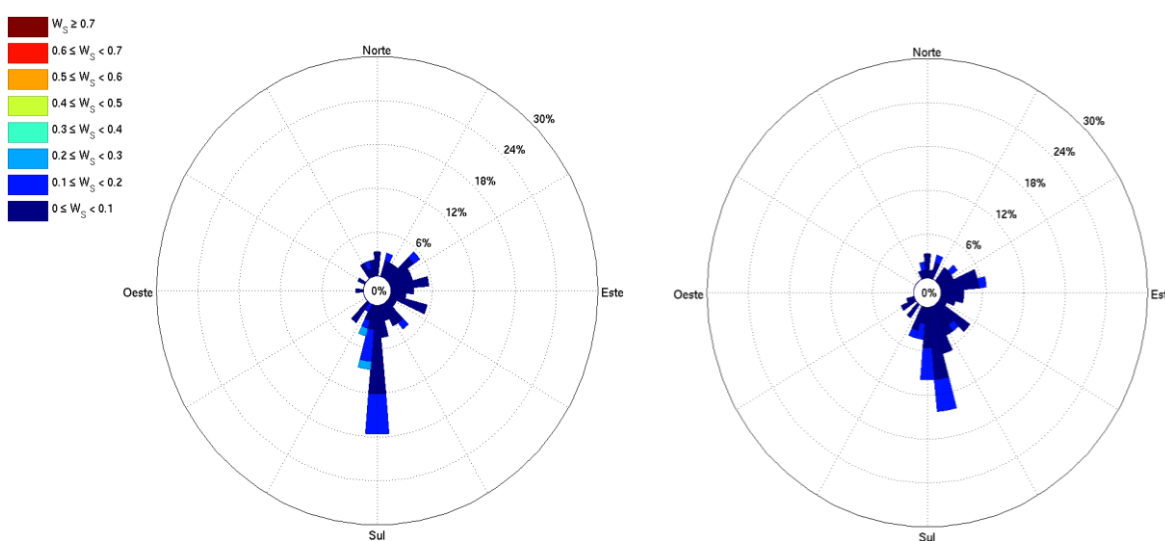


Figura 21- Representação do forçamento do vento em rosas-dos-ventos nos períodos de abril, maio e junho, à esquerda/direita encontra-se a rosa-do-vento representativa do norte/sul do domínio.

-Descrição geral

Observa-se no gráfico da Figura 22 que a maior parte das larvas recrutadas estão por baixo da diagonal principal, o que nos indica que no geral, há um transporte mais intenso para norte. No entanto, comparando com o trimestre anterior, o transporte para sul é superior. A região com maior autorrecrutamento é a Ria de Arousa. Ainda a Rias de Arousa é a região com maior recrutamento, seguida pela Ria de Vigo.

-Descrição por regiões

Na região de Aveiro (ver Figura 22), observa-se que a maioria das larvas retidas nesta zona provem de Viana do Castelo, tendo um autorrecrutamento fraco.

Na zona de Viana do Castelo, observa-se um autorrecrutamento fraco. As regiões que mais contribuem para o recrutamento nesta, são a Ria de Vigo e a Ria Arousa.

Em Baiona à semelhança do que aconteceu nos primeiros três meses do ano, a maior parte das larvas que recrutam provêm das Rias de Vigo e Arousa, e mais uma vez o autorrecrutamento é inferior aos números de larvas que provêm das três Rias principais (Ria de Vigo, Ria de Pontevedra e Rias de Arousa).

Na Ria de Vigo, observa-se que esta tem um forte autorrecrutamento quando comparado com o recrutamento total. As regiões externas com maior contribuição para o recrutamento nesta são as Rias de Arousa, seguida pela Ria de Pontevedra e a região de Baiona. Esta última é uma área de emissão exclusivamente rochosa mas no entanto fornece mais larvas do que a Ria de Muros que tem bateias e zona rochosa.

Na Ria de Pontevedra, destacam-se as Rias de Arousa e de Vigo como principais fornecedoras, tendo estas contribuído com mais larvas do que o autorrecrutamento, mesmo quando este é considerável. Outro ponto a destacar é que a Ria de Pontevedra se encontra a 44km de Baiona e da Ria de Muros, no entanto recruta mais larvas provenientes da zona de Baiona do que da Ria de Muros.

A Ria de Arousa mais uma vez é a região onde o recrutamento é muito elevado e o autorrecrutamento é o mais elevado de todas as regiões. A maior contribuição para o recrutamento nesta região provêm das Rias de Vigo, e de Pontevedra, sendo que a Ria de Vigo é a que tem maior contributo. A Ria de Muros é a terceira que mais contribui para o recrutamento nesta Ria.

Na zona da Ria de Muros, destaca-se o recrutamento proveniente da Ria de Arousa, sendo este equiparável ao autorrecrutamento na Ria de Arousa. De todos os recrutamentos neste período do ano, e também visível que as Rias de Vigo e Arousa têm maior importância no recrutamento em Muros do que o seu próprio autorrecrutamento.

Resultados

Na região de Finisterre o máximo de recrutamento provem da Ria de Arousa, seguido pela Ria de Muros. Quanto o autorrecrutamento, este não é significativo quando comparado com as Rias anteriormente referidas. Em terceiro lugar aparecem o autorrecrutamento e o recrutamento proveniente da Ria de Pontevedra.

Em relação a Costa da Morte os resultados são muito parecidos aos de Finisterre, ou seja o maior fornecedor de larvas é Arousa seguido de Muros, mas desta vez esta tem um autorrecrutamento da mesma ordem de grandeza que o recrutamento proveniente da Ria de Muros.

No que diz respeito a recrutamento nas zonas da Corunha e Valdovinho, mais uma vez só se pode analisar o que vem de sul, e o seu autorrecrutamento. Na Corunha temos um forte autorrecrutamento. Também é observado que o que é emitido pela Costa da Morte é de importante contribuição no recrutamento na Corunha, sendo que das principais Rias só Arousa tem alguma importância no seu recrutamento. Quanto Valdovinho a região que mais fornece é a Corunha, esta zona tem um autorrecrutamento baixo.

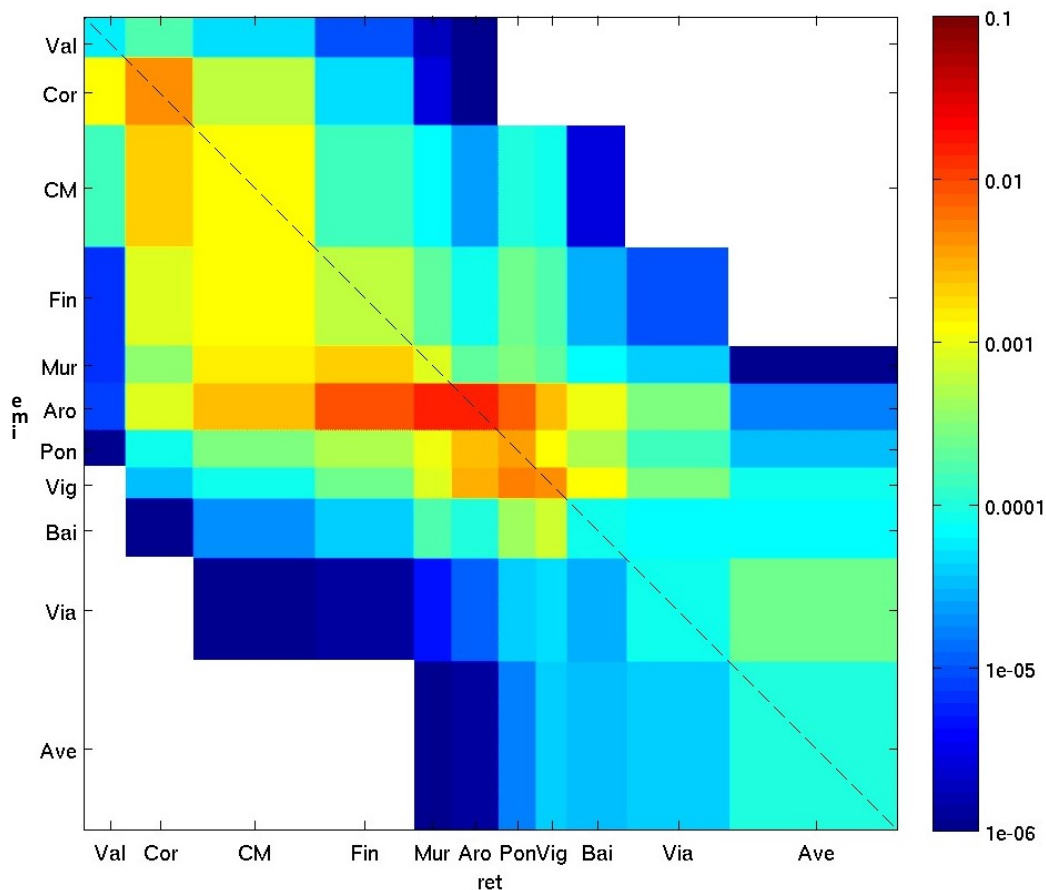


Figura 22- Representação gráfica da Matriz de conectividade para os meses de abril, maio e junho de 2009

Na Figura 23, que representa a o suprimento líquido neste período, a única mudança entre o segundo trimestre do ano e o primeiro é o aumento de cedência de larvas da Ria de Arousa em direção a Ria de Muros, já que o aumento no suprimento em Arousa é igual ao módulo do aumento de Muros.

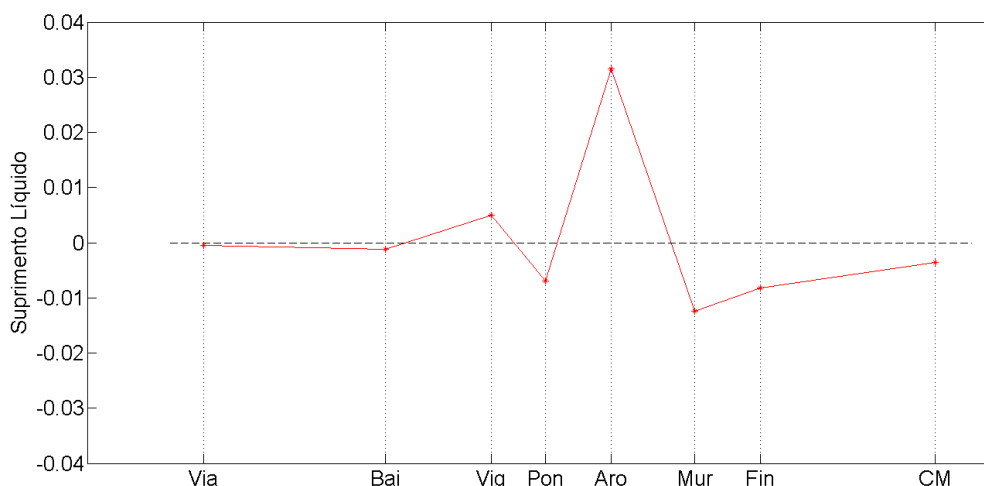


Figura 23- Gráfico representativo do suprimento líquido para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, no período de abril até junho de 2009.

3.3.3 Análise do recrutamento do terceiro trimestre (julho até setembro)

Ao observar as rosas-dos-ventos (ver Figura 24) é visível que a grande maioria dos ventos são do quadrante de norte. No caso da rosa-do-vento que representa as zonas mais norte o vento predominante é um vento de norte. Da mesma forma, na rosa-do-vento representativa das zonas mais a sul do domínio, os ventos predominantes são de norte e de noroeste.

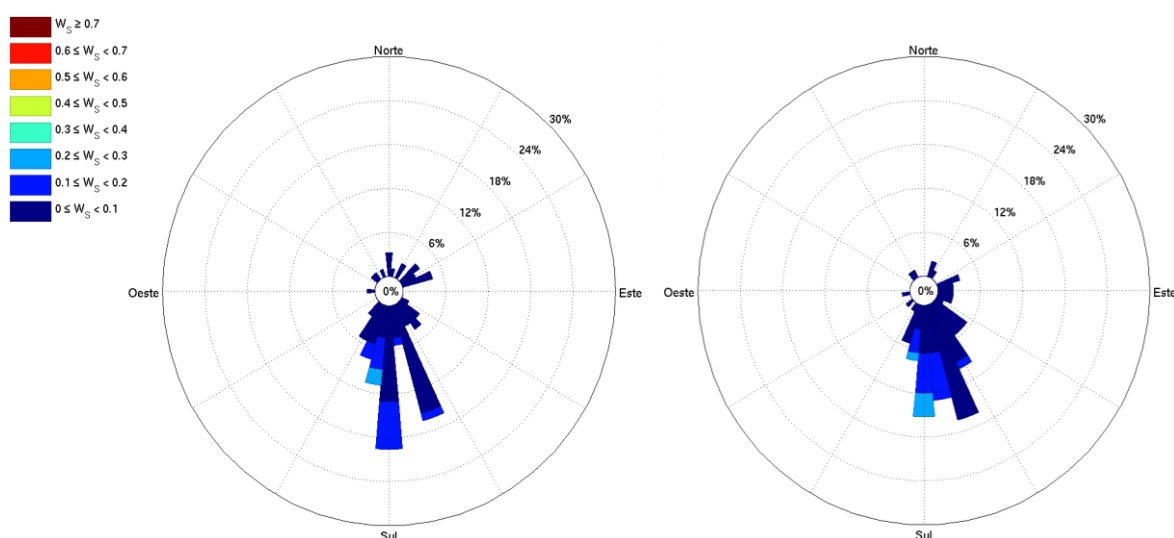


Figura 24- Representação do forçamento do vento em rosas-dos-ventos nos períodos de julho, agosto e setembro, à esquerda/direita encontra-se a rosa-do-vento representativa do norte/sul do domínio.

-Descrição geral

Observa-se na representação gráfica da matriz de conectividade (ver Figura 25) que a maior parte das larvas recrutadas estão no triângulo superior da matriz de conectividade, o que nos indica que no geral, há um transporte mais intenso para sul. A região com maior autorrecrutamento é a Ria de Arousa. Esta região é ainda aquela onde recrutam mais larvas, seguida pela Ria de Vigo.

Nos meses de julho a setembro, há uma grande dispersão de larvas devido ao regime de ventos, o que provoca uma menor conectividade. Isto significa que se observa pouco recrutamento e consequentemente alta mortalidade por advecção.

-Descrição por regiões

Quanto à zona de Aveiro, o autorrecrutamento tem valores importantes, iguais aos do recrutado que provem de Viana do Castelo e da Ria de Vigo. Nesta região não são recrutadas larvas emitidas pela Ria de Muros, mas são recrutadas larvas provenientes de Finisterre.

Na região de Viana do Castelo, mais uma vez Vigo é a o maior fornecedor de larvas. As Rias de Pontevedra e Arousa também são emissores importantes para o recrutamento nesta região, sendo que estas duas Rias contribuem mais do que o seu autorrecrutamento.

Na região de Baiona, observa-se um autorrecrutamento baixo. As regiões com maior importância para o recrutamento nesta região são as Rias de Vigo e Arousa. A Ria de Pontevedra também tem alguma importância, no entanto este é menor do que o contributo das outras duas Rias. Um ponto importante a referir é que esta é a única localização observada na matriz que recruta de todas as outras regiões.

Na Ria de Vigo verifica-se uma maior contribuição no recrutamento da Ria de Arousa quando comparado com o autorrecrutamento. Outro ponto a destacar é que esta recebe de quase todos os pontos exceto de Valdovinho. Também é de notar que a Ria de Pontevedra é a terceira fonte de emissão mais importante para o recrutamento na Ria de Vigo.

Na Ria de Pontevedra, constata-se mais uma vez que a Ria de Arousa tem um contributo importante no recrutamento, mas comparativamente com outros períodos do ano previamente analisados, esta contribuição é ligeiramente inferior. Quanto ao seu autorrecrutamento podemos considerá-lo moderado, este tem tanta influência quanto o recrutamento proveniente da Ria de Vigo.

Na região da Ria de Arousa, observa-se que neste período do ano os resultados são bastante diferentes quando comparados com outros períodos, uma vez que o seu autorrecrutamento é inferior, mas mesmo assim este continua ser o principal fornecedor do seu recrutamento. Observa-se também que há uma diminuição do que provem das Rias de Vigo e Pontevedra.

Na Ria de Muros, mais uma vez destaca-se a Ria de Arousa como principal fornecedor de larvas que recrutam. Ao comparar com outros períodos do ano esta também sofre uma diminuição de larvas recrutadas provenientes de todas regiões, diminuindo também o seu autorrecrutamento. O que recebe das Rias de Vigo e Pontevedra tem a mesma ordem de grandeza do que provem de Finisterre, mesmo sabendo que esta é uma zona onde não há bateias.

Em Finisterre como nas outras regiões também sofre da diminuição de larvas recrutadas neste período do ano, desta vez a grande diferença para os outros meses do ano já analisados é que as larvas recrutadas provenientes da Ria de Pontevedra estão em maior quantidade do que o autorrecrutamento de Finisterre.

Em relação a Costa da Morte é a região que a diminuição de recrutamento é mais visível. Isto é claro na diminuição dos valores de recrutamento de larvas proveniente da Ria de Arousa. Mesmo assim, a Ria de Arousa continua a ser a maior fornecedora de larvas para esta região.

Para a Corunha, destaca-se que desta vez só são recrutadas larvas provenientes de zonas a norte de Arousa, e que mais uma vez o autorrecrutamento é muito importante. Quanto a zona de Valdovinho só se recrutam larvas provenientes a norte de Muros, e que a zona que fornece a maior parte das larvas é da região da Corunha.

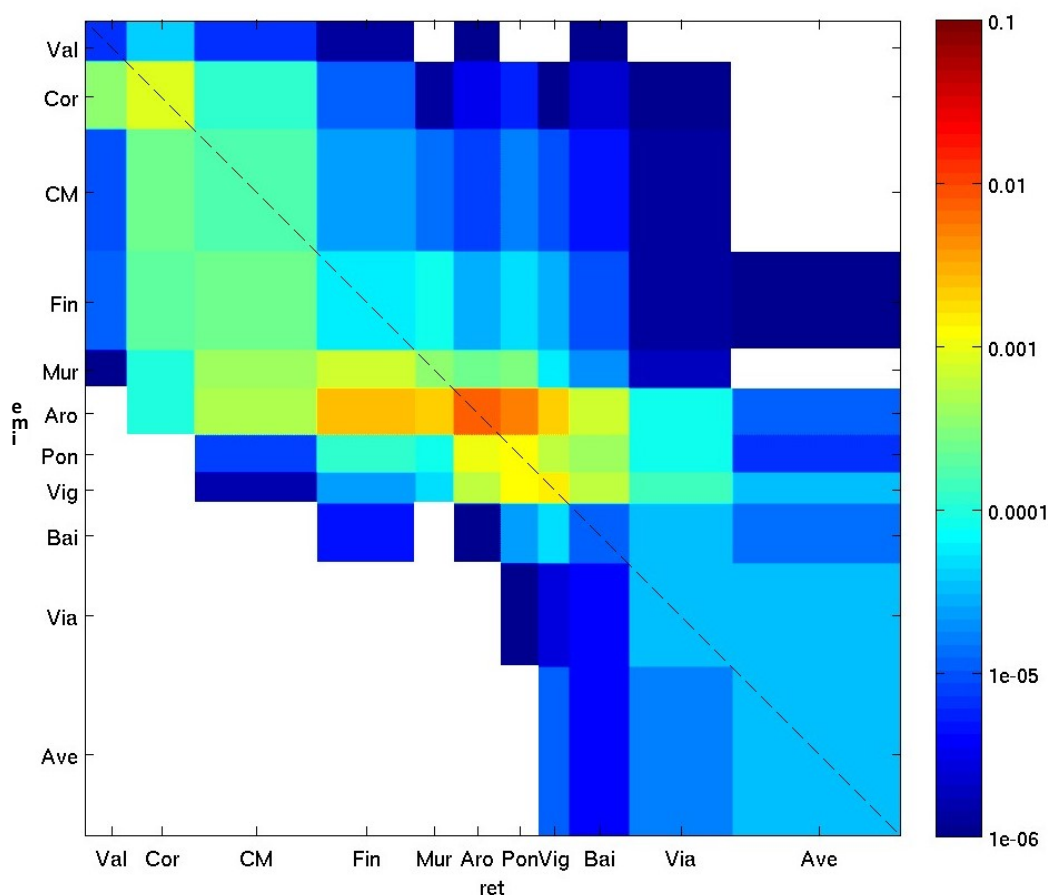


Figura 25- Representação gráfica da Matriz de conectividade para os meses de julho, agosto e setembro de 2009

Ao Analisar o gráfico do suprimento líquido (ver Figura 26) observa-se que este é muito próximo de zero. Isto era esperável ao observar os resultados das Matrizes de conectividade, já que o recrutamento tem sido pouco. Os balanços de líquido nas Rias de Vigo e Muros são próximos de zero. O local com suprimento líquido maior continua ser a Ria de Arousa. A Ria de Pontevedra passa a ser o ponto sumidouro mais relevante. Quanto as regiões a norte de Muros continuam sendo sumidouros.

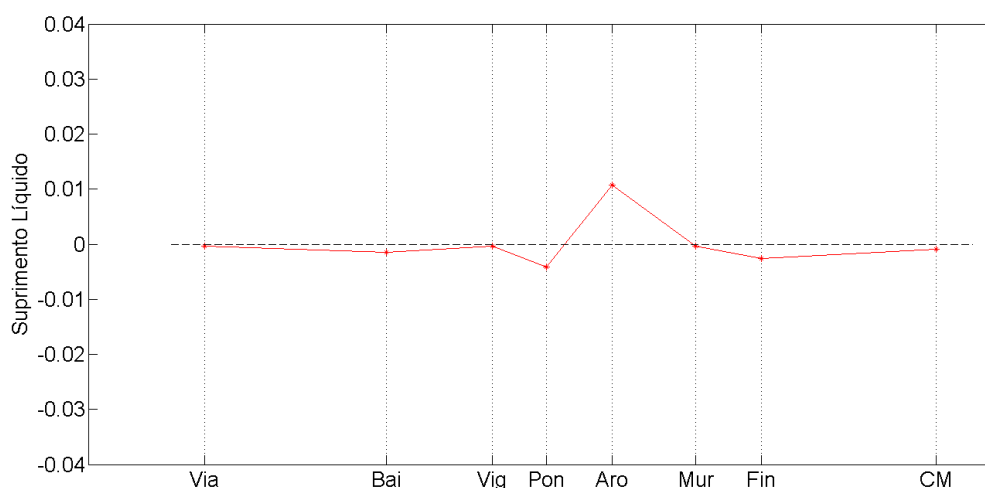


Figura 26- Gráfico representativo do suprimento líquido para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, no período de julho até setembro de 2009.

3.3.4 Análise do recrutamento do quarto trimestre (outubro até dezembro)

Na Figura 27 em que estão representadas as rosas-dos-ventos para o último trimestre do ano, observa-se que foi um período onde os ventos do quadrante sul foram os predominantes. No caso das regiões mais a norte do domínio observa-se que a maior parte dos ventos foram de Sudeste, no entanto os ventos de nordeste foram os de maior intensidade. Quanto as regiões mais a sul, os ventos predominantes foram de sul e sudeste, nesta localização não houve um evento que se destaca-se pela sua intensidade.

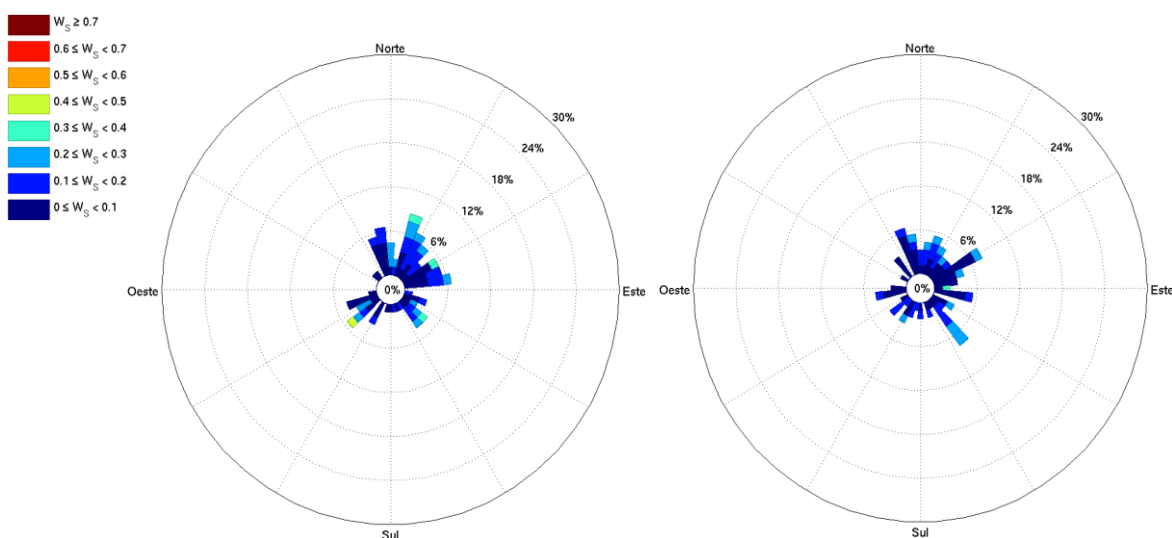


Figura 27- Representação do forçamento do vento em rosas-dos-ventos nos períodos de outubro, novembro e dezembro, à esquerda/direita encontra-se a rosa-do-vento representativa do norte/sul do domínio.

-Descrição geral

Na matriz de conectividade que esta representada na Figura 28, observa-se regra geral um transporte elevado para norte, observa-se que a maior parte das larvas recrutadas estão por baixo da diagonal principal e ainda é visível que todas as regiões, exceto Valdovinho, recrutam larvas provenientes das zonas mais a sul do domínio.

A região com maior autorrecrutamento é a Ria de Arousa. E a região com maior recrutamento é a mais uma vez a Ria de Arousa. Observa-se uma clara diminuição do número de larvas recrutadas, por causa da diminuição curva de emissão (Figura 7).

-Descrição por regiões

Na zona de Aveiro observa-se que o autorrecrutamento é importante, os valores de recrutamento nesta região vão diminuindo gradualmente em relação aos pontos de emissão, quanto mais a norte menor é o seu recrutamento.

Na zona de Viana do Castelo denota-se que o seu autorrecrutamento é mais baixo que o recrutamento de larvas que provem da zona de Aveiro.

Na região de Baiona, as regiões que mais contribuem para o seu recrutamento são as Rias de Vigo e Arousa, seguidas pela Ria de Pontevedra. O seu autorrecrutamento não é significativo, já que até as regiões mais a sul contribuíram mais para o recrutamento.

A Ria de Vigo, com um autorrecrutamento significativo, uma vez que junto com as larvas emitidas pela Ria de Arousa, são as maiores contribuições para o recrutamento nesta Ria. Por outro lado a Ria de Muros contribui menos o que a região de Finisterre que se encontra mais a norte.

Na Ria de Pontevedra, como nos meses anteriores há um domínio do recrutamento das larvas que provem da Ria de Arousa. O seu autorrecrutamento continua forte e com a Ria de Vigo contribuindo na mesma ordem de grandeza. A diferença é que nos outros meses os valores de larvas recrutadas que provinham de localizações a sul de Vigo eram muito baixos, mas neste período houve um ligeiro aumento de larvas recrutadas que provêm das regiões a sul de Vigo.

Na região da Ria de Arousa, como é de esperar o autorrecrutamento é muito elevado e mais uma vez esta é a maior fornecedora de larvas dela própria, sendo que Pontevedra é a segunda região fornecedora e Vigo a terceira.

Na Ria de Muros, o seu autorrecrutamento é só a quarta fonte de fornecimento de larvas. Para este período de tempo a Ria de Arousa é a principal fonte, seguida pela Ria de Pontevedra e a Ria de Vigo. Neste período esta Ria é muito mais fornecida pelas outras localizações do que nos outros períodos do ano. Após análise dos meses anteriores foi possível verificar que este é um ponto sumidouro, mas neste período do ano é que esta condição foi mais notória.

Na região de Finisterre, mais uma vez altamente fornecida pelos sectores a sul, sendo a Ria de Arousa o seu maior fornecedor. Um ponto de destaque são os valores de recrutamento que provêm da Ria de Muros, já que estes valores de recrutamento são muito superiores ao autorrecrutamento em Muros. O valor do autorrecrutamento na zona de Finisterre só é superior às larvas que provêm a sul de Vigo.

Na Costa da Morte, neste período pode ser comparado ao que aconteceu em Finisterre. A única diferença é que os valores que provêm de Finisterre e são retidos na Costa da Morte são significativamente superiores ao do autorrecrutamento. Observa-se que este fornecimento de Finisterre é superior ao autorrecrutamento em Finisterre.

Na Corunha observa-se uma situação que ainda não se tinha verificado. Sendo uma Ria com bateias tem um autorrecrutamento inferior ao número de larvas que recrutaram provenientes de Finisterre, que é uma zona exclusivamente de emissão rochosa, sendo este valor ligeiramente superior ao autorrecrutamento. O autorrecrutamento desta região mesmo assim é significativo, as larvas que provêm das Rias de Muros e Arousa também têm um peso significativo no recrutamento desta região. Mesmo tendo noção que neste período do ano, a maior parte das zonas foram fornecidas por regiões localizadas a sul das mesmas, temos de ter sempre em conta que para esta região, a de Valdovinho e Aveiro os resultados são deturpados, devido a proximidade destas regiões com os limites do domínio.

Em Valdovinho tal como os outros períodos do ano, a Corunha é a região que mais fornece. Um ponto importante é que o autorrecrutamento é o valor mais fraco de todos, comparando com os valores recrutados de outras regiões, nomeadamente Corunha, Finisterre, Costa da Morte, Muros, Arousa, Pontevedra e Vigo.

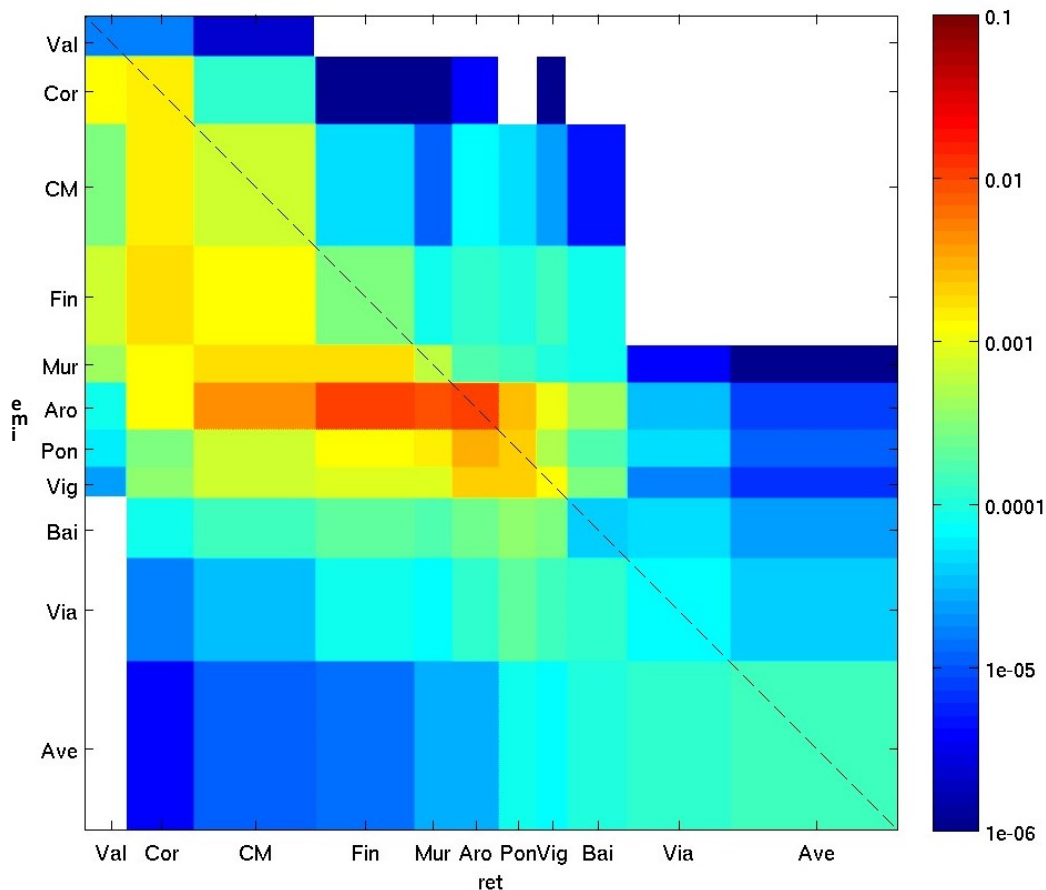


Figura 28- Representação gráfica da Matriz de conectividade para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2009

Neste período do ano observa-se no gráfico representativo do suprimento líquido (ver Figura 29) só há pontos sumidouros a norte da Ria de Muros. Sendo assim as regiões da Ria de Vigo, Ria de Pontevedra e Ria de Arousa, fornecem larvas que serão recrutadas a norte da Ria de Muros.

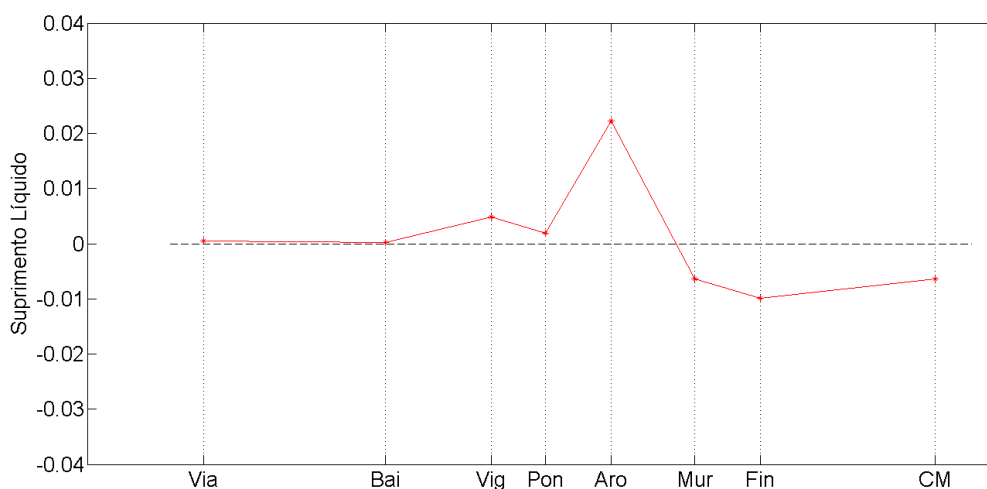


Figura 29- Gráfico representativo do suprimento líquido para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, no período de outubro até dezembro de 2009.

3.3.5 Análise estatística do recrutamento Anual

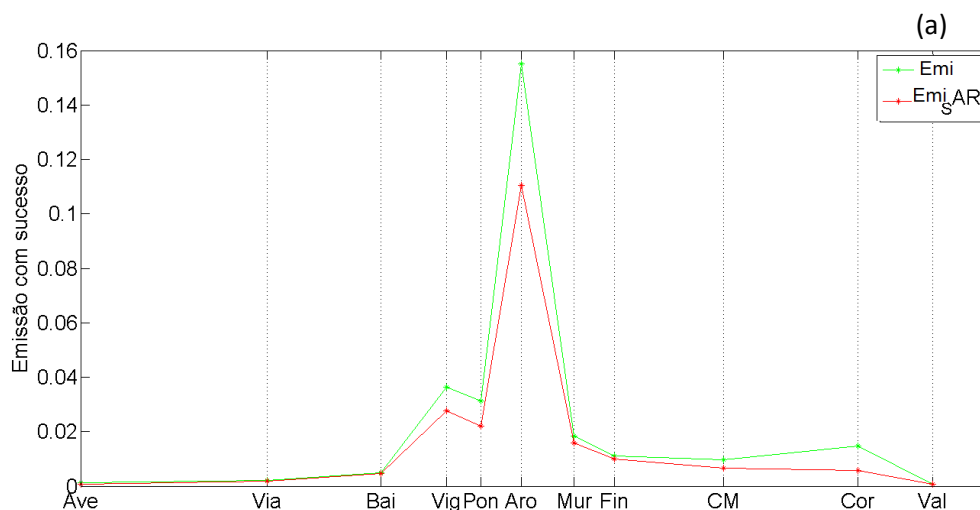
De maneira, a sintetizar a análise representou-se o gráfico do suprimento líquido anual (ver Figura 30-c. Como as duas componentes desta: As larvas emitidas com sucesso Figura 30-a, e as larvas recrutadas Figura 30-b. Neste é visível que a Ria de Muros e Finisterre são claramente os maiores pontos sumidouros, isto já se tinha observado durante a análise trimestral, visto que estas regiões permanecem com valores negativos durante o ano inteiro.

Outro local que pode ser considerado como ponto sumidouro de larvas é a Ria de Pontevedra, mesmo quando se verificou que este tinha valores positivos nos últimos 3 meses, pois neste caso em particular os últimos 3 meses só representam 17,4% do total dos recrutamentos ao longo do ano (consultar Tabela 2).

A Ria de Arousa é o maior fornecedor de larvas e também é o local cujo suprimento é mais elevado, ou seja fornece mais larvas do que recebe.

A Ria de Vigo é a segunda fonte de abastecimento de larvas para as outras regiões, esta só não é fornecedora no terceiro trimestre, sendo isto não significativo pois só representa 7,6% do total de recrutamento do ano (consultar Tabela 2).

As outras regiões a sul de Vigo podemos considerar que são quase neutras, em quanto que as regiões a norte de Muros são pontos sumidouros.



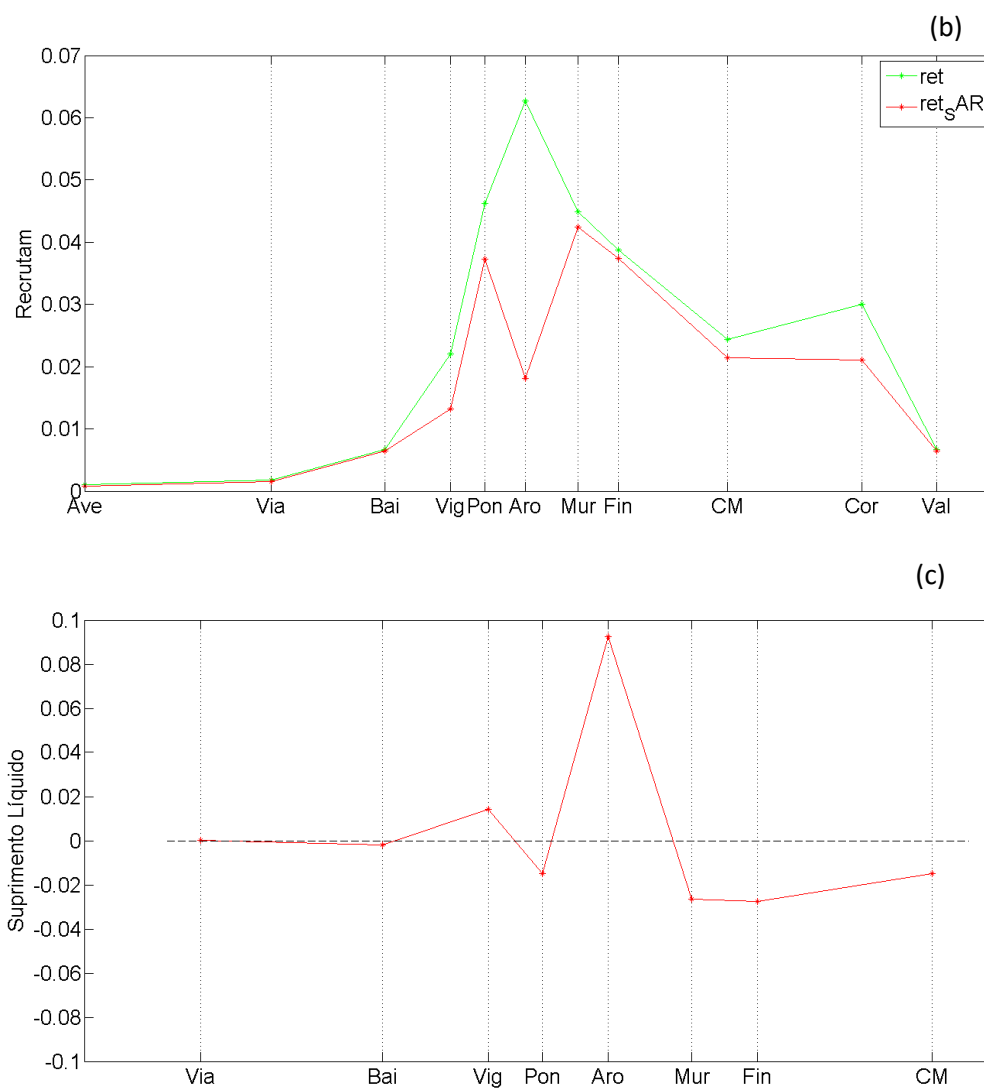


Figura 30- Gráfico (a) representação das larvas emitidas com sucesso (vermelho com autorrecrutamento e verde sem autorrecrutamento), Gráfico (b) representação das larvas recrutadas (vermelho com autorrecrutamento e verde sem autorrecrutamento) e representativo do suprimento líquido (a-b) para as regiões desde Viana do Castelo até a Costa da Morte, para o ano de 2009.

Tabela 2- Tabela com os valores de recrutamento totais para cada trimestre analisado e com o valor total de larvas obtidas pela modelação ROFF no ano 2009. São representadas percentagem em função do total de larvas que recrutam.

	Recrutamento	Percentagem trimestral	Percentagem semestral
1º trimestre	11235	26,1	75,0
2º trimestre	21031	48,9	
3º trimestre	3274	7,6	25,0
4º trimestre	7471	17,4	
total	43011	100,0	100,0

3.4 Análise da densidade larvar simulada

Nesta fase são analisados a abundância das larvas das três fases larvares nas estações de contagem:

- Velígera em D
- Velígera Umbonada
- Pedivelígera

Esta análise é feita através da representação gráfica da abundância de cada fase larvar, a densidade é referente a cada uma das quatro principais Rias em função ao local de emissão das mesmas.

De forma a obter uma melhor visualização representaram-se os gráficos das Rias de Vigo e Pontevedra com escalas diferentes (0 a 30 %) aos gráficos da Ria de Arousa e de Muros (0 a 100%). Isto é ao facto das primeiras duas Rias terem valores inferiores de abundância quando comparadas com Arousa e Muros. Sendo que os dados foram normalizados pelo máximo de cada fase como foi referido na secção 2.5.

3.4.1 Análise da densidade na Ria de Vigo

Ao observar o gráfico da Ria de Vigo, na fase em D (ver Figura 31), o seu autorrecrutamento é claramente dominante. Outro ponto importante é que o segundo local que fornece mais larvas na fase em D, é a região rochosa de Baiona, e só depois as Rias de Pontevedra e de Arousa, sendo estes três locais os únicos fornecedores de larvas na fase Velígera em D.

Por abuso de linguagem, nesta secção é denominado por autorrecrutamento as larvas que são contadas nos diferentes estágios larvares, que provêm da mesma região, mesmo que estas não tenham idade para recrutar.

Na fase larvar Velígera Umbonada destaca-se que o autorrecrutamento é mais uma vez o maior fornecedor desta fase de larvar para a Ria de Vigo, a única diferença entre esta fase e a anterior é que desta vez a Ria de Arousa passa a ser o segundo maior fornecedor de larvas, enquanto a região de Baiona e da Ria de Pontevedra contribuem de forma semelhante.

Na Ria de Vigo o maior fornecedor de larvas do tipo Pedivelígera foi a Ria de Arousa, seguido pelo autorrecrutamento. A terceira região mais fornecedora de larvas nesta fase foi a Ria de Pontevedra, seguida pela zona de Baiona. A Ria de Muros também forneceu uma pequena parte das larvas.

Ao analisar as três fases verifica-se que com o aumento da idade o autorrecrutamento da Ria de Vigo fica menos determinante, e como era de esperar chegam larvas de locais mais distantes.

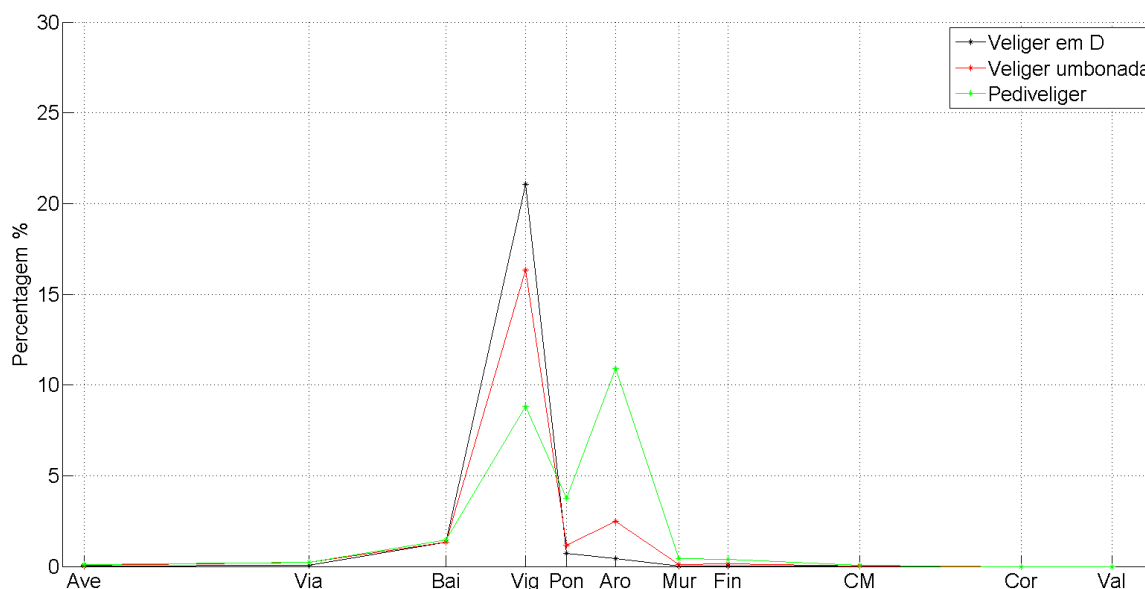


Figura 31- Gráfico representativo da percentagem de abundância de larvas nas três fases diferentes na Ria de Vigo em função do local da sua emissão: linha preta, vermelha e verde representam, respetivamente, as larvas Velígera em D, Velígera Umbonada e Pedivelígera (escala modificada 0 a 30 %)

3.4.2 Análise da densidade na Ria de Pontevedra

No que diz respeito as larvas na fase Velígera em D contadas na Ria de Pontevedra (ver Figura 33) observa-se que o autorrecrutamento é muito importante sendo o principal fornecedor de larvas nesta fase. A segunda região mais importante na abundância nas estações de contagem é a Ria de Vigo, seguida pela Ria de Arousa com valores bastante baixos.

Na fase Velígera Umbonada observa-se que o autorrecrutamento continua sendo a fonte mais importante para a abundância, e a Ria de Vigo mantém-se como principal fornecedor externo, desta vez, e quando comparado com a fase anterior, o fornecimento desta Ria tem valores superiores. Isto também se verifica para as larvas provenientes da Ria de Arousa. Nesta fase começam a chegar larvas provenientes da zona de Baiona.

Na fase Pedivelígera destaca-se a Ria de Arousa como maior fornecedor de larvas neste estágio larvar, sendo a Ria de Vigo o segundo local que mais fornece, e só em terceiro lugar o autorrecrutamento. A Ria de Muros e a zona de Baiona contribuem aproximadamente com a mesma percentagem de larvas na fase Pedivelígera.

A Ria de Arousa terá um papel mais importante quanto maior for a idade larvar, em quanto o autorrecrutamento acontece o inverso.

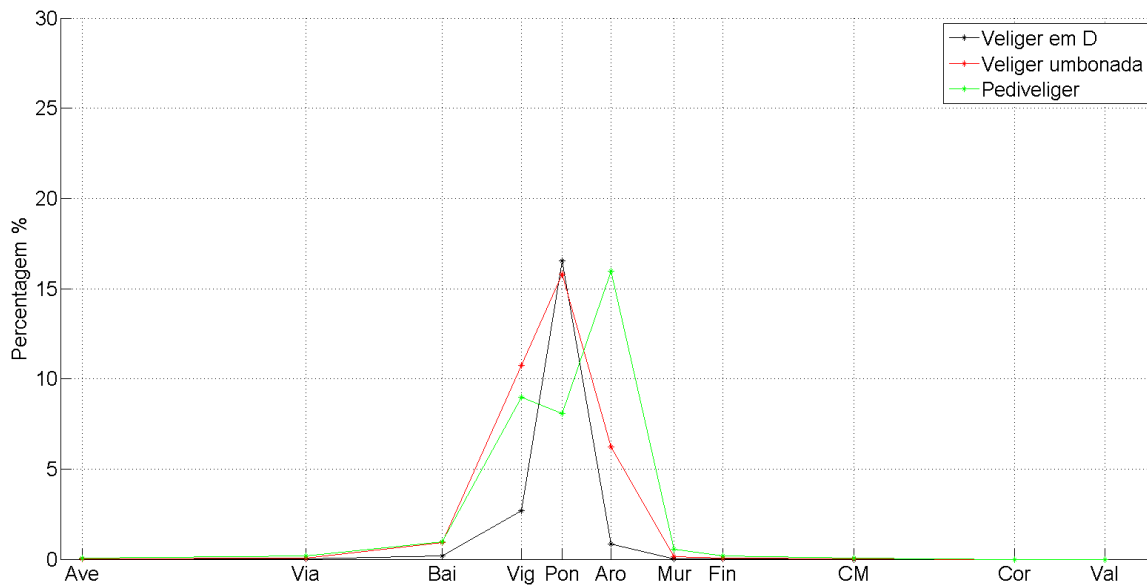


Figura 32- Gráfico representativo da percentagem de abundância de larvas nas três fases diferentes na Ria de Pontevedra em função do local da sua emissão: linha preta, vermelha e verde representam, respetivamente, as larvas Velígera em D, Velígera Umbonada e Pedivelígera (escala modificada 0 a 30 %).

3.4.3 Análise da densidade na Ria de Arousa

Na fase em Velígera em D na Ria de Arousa (ver Figura 33), o autorrecrutamento é visivelmente o mecanismo fornecedor de larvas nesta região. Com tudo, mesmo com valores muito inferiores, as Rias de Vigo e Pontevedra também contribuem para o fornecimento de larvas neste estágio.

Ao analisar a fase Velígera Umbonada, contata-se que não existem muitas diferenças entre esta e a fase anterior, a única diferença é o aumento de larvas provenientes das Rias de Vigo e Pontevedra.

Na fase larvar Pedivelígera observa-se que há uma diminuição do autorrecrutamento, mas mesmo assim este continua ser a principal fonte de larvas com esta idade. Quando comparado as fases anteriores, verifica-se um aumento na percentagem de larvas que provêm da Ria de Vigo e Pontevedra.

Devido ao facto de que a Ria de Arousa é a Ria que tem maior emissão é normal que seja o principal fornecedor de larvas dela. Na representação gráfica é visível esta situação em todas as fases larvares.

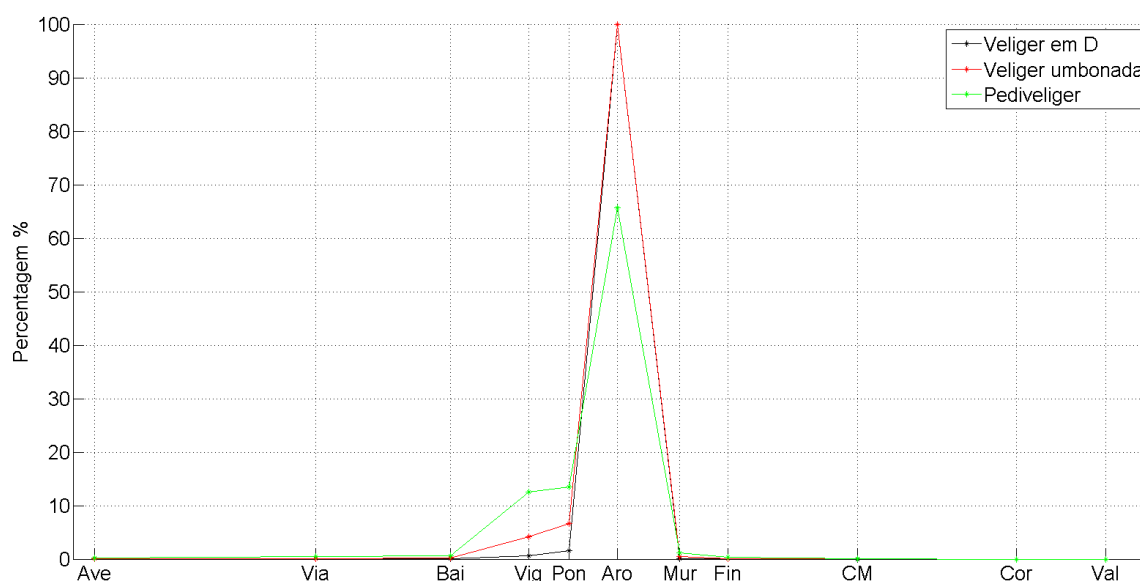


Figura 33- Gráfico representativo da percentagem de abundância de larvas nas três fases diferentes na Ria de Arousa em função do local da sua emissão: linha preta, vermelha e verde representam, respetivamente, as larvas Velígera em D, Velígera Umbonada e Pedivelígera.

3.4.4 Análise da densidade na Ria de Muros

Na fase larvar Velígera em D na Ria de Muros (ver Figura 34) é visível que o seu autorrecrutamento domina o fornecimento local de larvas. Verifica-se também a contribuição de larvas nesta fase dada pela Ria de Arousa.

Na fase larvar Velígera Umbonada, observa-se uma diminuição da importância do autorrecrutamento, e um aumento do fornecimento de larvas por parte da Ria de Arousa. Este aumento é de tão significativo que já nesta fase a Ria de Arousa passa a ser o principal fornecedor de larvas para a Ria de Muros. Nesta fase também contribuem as Rias de Pontevedra, Vigo e a região de Finisterre, mas em quantidades pouco significativas.

Na fase larvar Pedivelígera, é clara o que o principal fornecedor de larvas “com Olho” é a Ria de Arousa. Também se verifica um aumento da percentagem das larvas provenientes das Rias de Vigo e Pontevedra, sendo que estas nesta fase fornecem mais larvas do que o autorrecrutamento. Por outro lado nesta Ria também são contadas larvas que provêm de zonas exclusivamente rochosas como Baiona e Finisterre.

É possível concluir que na Ria de Muros nas duas fases mais avançadas são contadas mais larvas provenientes da Ria de Arousa do que o seu autorrecrutamento, isto deve-se à proximidade da Ria de Muros à Ria de Arousa, e também a grande diferença de emissão larvar das mesmas, pois a Ria de Arousa emite em maior quantidade quando comparada com a Ria de Muros.

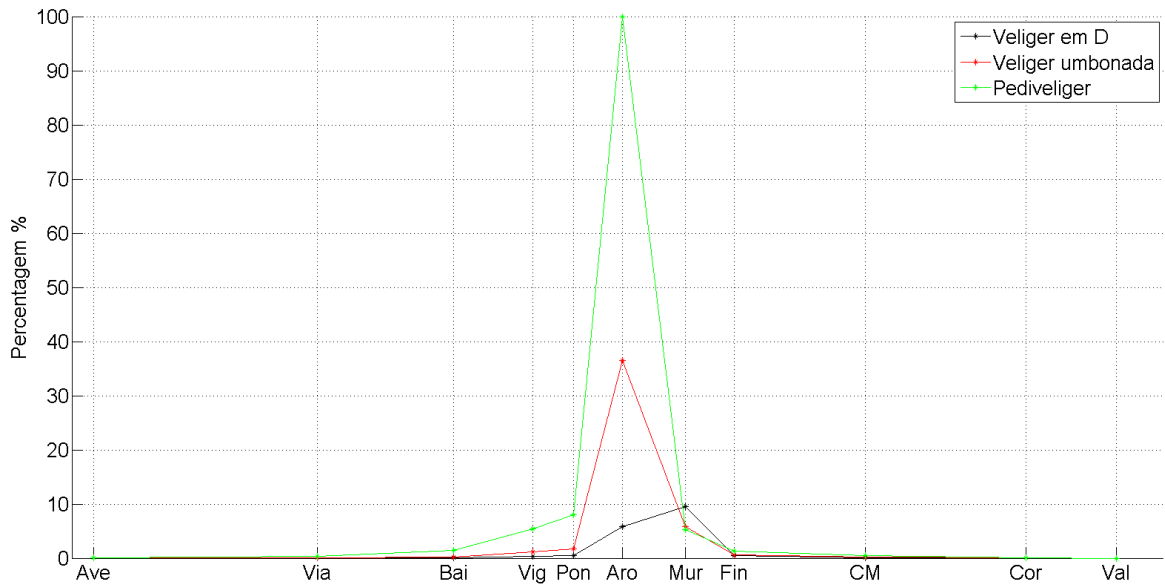


Figura 34- Gráfico representativo da percentagem de abundância de larvas nas três fases diferentes na Ria de Muros em função do local da sua emissão: linha preta, vermelha e verde representam, respetivamente, as larvas Velígera em D, Velígera Umbonada e Pedivelígera.

De uma forma geral observamos que em todas as Rias o autorrecrutamento predomina na fase Velígera em D, tendo um máximo de este tipo de larvas na Ria de Arousa. Na fase Velígera Umbonada o domínio do autorrecrutamento só não aconteceu na Ria de Muros, e mais uma vez o máximo foi registado na Ria de Arousa. Na terceira e última, a fase Pedivelígera, as larvas que provêm da Ria de Arousa são máximo em todas as Rias, e a Ria que obteve maior quantidade de larvas desta fase nas suas estações de controlo foi a Ria de Muros. Esta obteve mais do que a própria Ria de Arousa que foi a localização de partida da maior parte delas.

4. Discussão dos resultados

4.1 Validação do modelo

Como comentário prévio à análise dos dados obtidos pelo modelo é preciso ter em conta que os registos da abundância obtidos nas campanhas observacionais, são dados instantâneos obtidos em situações pontoais em campanhas de rotina, o que pode ter uma influência nos dados, devido às correntes de maré existentes nos locais.

4.1.1 Discussão da fase Velígera em D

Ao observar os resultados na fase larvar Velígera em D (ver Figura 14), verificou-se que o modelo não conseguiu representar corretamente a abundância desta fase na Ria de Vigo. Sendo esta a Ria da área de estudo com a morfologia mais estreita, e tendo em consideração que dos três pontos de amostragem, dois destes estão em zonas internas da Ria, era de esperar que o modelo não resolve com exatidão os processos da circulação interna da Ria.

Na Ria de Pontevedra, é provavelmente devido a esta ter uma morfologia um pouco mais aberta, resulta mais favorável para a modelação desta Ria. Observa-se que o modelo conseguiu representar melhor os dados, quando comparado com os dados da Ria de Vigo. O que também contribuiu para esta melhor representação de dados, foi a colocação dos pontos de contagem, pois estes se encontram em locais onde o modelo consegue resolver melhor a circulação. Mesmo assim observa-se períodos onde os dados do modelo e das campanhas não concordam, como é o caso do mês de abril.

Na Ria de Arousa, observa-se que nesta Ria temos períodos de coincidência entre os dados, o que provavelmente se deve ao facto de esta ser a Ria com maior área e com a morfologia mais favorável para resolução da circulação por parte do modelo. Isto parece indicar, que os processos oceanográficos são importantes na distribuição e o recrutamento de larvas nesta Ria. Esta é a Ria com maior emissão de larvas devido a ser a que contem mais bateias.

A Ria de Muros, é a Ria que tem as áreas de contagem que melhor comparam com o modelo, possivelmente devido estarem mais próximos da boca da Ria. Na fase Velígera em D, o modelo pode não ter tido resultados muito representativos da realidade, devido ao facto que nos períodos em que os dados da campanha registaram máximo, coincidem com períodos de ventos favoráveis para a ocorrência de afloramento costeiro.

Na fase Velígera em D um ponto importante comum em todas as Rias é a curva de emissão, sugerida por Philippart *et al.* (2012) (ver Figura 7). Esta é uma curva representativa da costa Oeste da Península Ibérica, e que mesmo que a zona em estudo esteja contida nesta costa, este estudo é realizado num ano específico ou seja a abundância de 2009.

4.1.2 Discussão da fase em Velígera Umbonada

Na fase larvar Velígera Umbonada (ver Figura 15), na Ria de Vigo é observada uma clara melhoria em relação à fase anterior, isto é a consequência do facto das larvas terem mais idade e, ao mesmo tempo, que o modelo segue a curva de crescimento sugerida pelos autores Ruiz *et al.* (2008) e Sánchez-Lazo *et al.* (2012) que se encontra representada na Figura 6. Isto faz com que os lançamentos iniciais não sejam tão importantes nos resultados como na fase em “D”, com estes resultados observamos que, na Ria de Vigo nesta fase, as variáveis oceanográficas são importantes nas abundâncias das larvas.

Na Ria de Pontevedra, foi verificada uma melhoria nos dados. Durante a sua análise foi destacado que o período do ano em que no modelo já tinha sido identificado que havia uma maior abundância, entre os meses de abril e julho, este facto pode ser a consequência dos processos oceanográficos associados à convergência das águas costeiras, que decorreram neste período do ano 2009.

Na Ria de Arousa, também se destaca a melhoria já referida nas outras Rias, sabendo que esta tem uma morfologia mais aberta e que o modelo representa melhor a sua circulação, isto faz com que sejam melhores comparações entre o modelo e as observações.

Na Ria de Muros, novamente obtemos esta melhoria. Isto é devido à idade das larvas e aos máximos que coincidem com os períodos em que existe convergência segundo os dados da tensão do vento.

Na fase Velígera Umbonada foi observada uma melhoria geral, provavelmente devido à forma como o modelo representa o crescimento larvar.

4.1.3 Discussão da fase Pedivelígera

Na fase larvar Pedivelígera (ver Figura 16), o máximo absoluto que se observou no mês de julho na Ria de Vigo é consequente, como os forçamentos (ventos) impostos no modelo, assim foi verificado um melhor ajuste com os dados observados no campo.

Nas Rias de Pontevedra e Arousa são observados os máximos que coincidem, com a altura em que os dados da tensão do vento indicam possibilidade de relaxamento ou até convergência. Isto quer dizer que é muito importante a advecção larvar associada a circulação induzida pelo vento. Para explicar o ajuste entre os dados do modelo e os dados de campo.

Nesta fase, é observado que na Ria de Muros existe o melhor ajuste com os dados observados estando em fase os dados modelados e observados. Os dados do modelo indicam que os máximos do recrutamento são observados nos períodos em que existe relaxamento e convergência costeira. Este facto sugere que uma boa representação deste processo oceanográfico no modelo é importante para modelizar a abundância larvar.

Durante a análise dos dados, é possível confirmar que os processos oceanográficos e biológicos são fundamentais para obter resultados satisfatórios. Por outro lado, considerando que o modelo sem

ser na primeira fase, ou seja Velígera em D, onde os resultados não foram tão satisfatórios, é possível referir que este modelo representa razoavelmente aos processos oceanográficos associados à dispersão de larvas de mexilhão. Também podemos afirmar que o modelo representa melhor as Rias que têm maior tamanho e morfologias mais abertas.

4.2 Discussão do recrutamento

4.2.1 Discussão do recrutamento do primeiro trimestre

Neste período observou-se um transporte em direção a norte. No entanto as zonas a sul da Ria de Vigo devido a baixa produção de larvas, (quando comparadas com as Rias) não têm uma influência significativa no recrutamento nas zonas a norte, onde se localizam as Rias.

Na região de Vigo o autorrecrutamento foi importante. Isto deve-se a morfologia mais fechada desta Ria. Com tudo observou-se que esta é uma Ria que pode ser vista como fornecedora de larvas já que o seu suprimento líquido foi positivo, devido ao elevado número de larvas emitidas com sucesso. As regiões mais fornecidas pela Ria de Vigo são Pontevedra e Baiona, que são as regiões mais próximas geograficamente. Os eventos de vento mais fortes foram de sul, o que provocou um forte transporte para norte e ainda condições de convergência. Este fenómeno induz um transporte larvar para a costa, o que pode justificar o facto do transporte das larvas emitidas por Vigo serem recrutadas em maior quantidade em Pontevedra e Arousa do que em Baiona.

A Ria de Arousa, é a maior fonte de emissão de larvas, e é ainda a maior fornecedora de larvas com sucesso deste período segundo o gráfico do suprimento líquido (ver Figura 20). Podemos justificar este comportamento com a conjugação de dois fatores importantes, a elevada produção de larvas e o forte transporte em direção a norte devido a convergência criada pelo vento de sul. No entanto também se verificam períodos em que o transporte é para sul, associado a ventos de norte, criando boas condições para o afloramento costeiro, justificando também o facto da Ria de Pontevedra ter como maior fornecedor a Ria de Arousa.

Devido a estas condições há maior intensidade no transporte com direção a norte em todas as regiões, sendo exemplo destas Costa da Morte-Corunha, Arousa-Muros. Contudo há locais onde o transporte para sul é importante para o recrutamento, como é o caso de Arousa-Pontevedra, referido anteriormente. É de realçar que o transporte para sul é inferior quando comparado com os valores de transporte para norte, isto pode ser justificado pelo afloramento costeiro, o que faz com que muitas larvas migrem para o largo, e se percam, enquanto o transporte associado aos ventos de sul para além de induzir transporte para norte, induz também transporte em direção a costa, associado à dinâmica de Ekman.

4.2.2 Discussão do recrutamento do segundo trimestre

Neste período há muitas semelhanças ao anterior. Quando analisada a Figura 22 observou-se que nas regiões a sul houve um aumento do transporte em direção a norte. Isto pode ser justificado com os períodos de vento de norte que advectaram muitas larvas em direção ao largo, e com a mudança do sentido do vento (com direção de sul) provocando um relaxamento no afloramento costeiro, estas são então transportadas para a costa, para locais mais a norte do seu ponto de emissão.

Quanto as Rias, observa-se um comportamento similar ao acontecido no primeiro trimestre, mas com menor intensidade, ou seja as larvas advectadas para norte percorrem uma distância menor. Isto é deve-se a que os períodos de vento de sul têm intensidades menores, quando comparado com o período anteriormente analisado, para este ano de 2009.

Contudo observa-se no gráfico do suprimento líquido um aumento do mesmo relativamente à Ria de Arousa, e uma diminuição do suprimento na Ria de Muros. Isto é consequência da diminuição de intensidade do vento de sul, o que faz com que a emissão de Arousa não seja advectada para locais mais a norte, como por exemplo Costa da Morte. Durante este trimestre as larvas emitidas pela Ria de Arousa foram na sua maior parte recrutadas pela Ria de Muros, pois está é a região a norte mais próxima.

4.2.3 Discussão do recrutamento do terceiro trimestre

Na Figura 24 nas zonas a sul de Vigo o que predomina o recrutamento de larvas emitidas a norte de cada região, isto é facilmente justificável pelos ventos predominantes de norte ou Nor-noroeste, que como consequência deste vento provocam uma migração em direção a sul e para o largo.

Nas Rias de Vigo e Pontevedra, o maior contributo de larvas vem da Ria de Arousa que se encontra a norte das mesmas, reforçado pela grande quantidade de larvas que a Ria de Arousa emite.

No caso da Ria de Arousa, esta recebe grandes quantidades de larvas das Rias de Vigo e de Pontevedra, que se encontram a sul. Isto é devido a que mesmo sendo poucos os períodos em que há vento favoráveis para um transporte em direção a norte, como estas duas regiões emitem mais larvas que as outras regiões, quando o vento é favorável são recrutadas quantidades de larvas consideráveis.

No caso das regiões da Ria de Muros, Finisterre e Costa da Morte é de destacar o número de larvas que provêm de Arousa. Isto deve-se ao facto da Ria de Arousa emitir aproximadamente 60% das larvas do domínio. Além da receberem da Ria de Arousa, estas recebem mais larvas de locais que se encontram mais a norte do que de sul, devido ao regime de ventos, acima referido.

Nas regiões da Corunha, não se podem tirar grandes conclusões devido a sua proximidade com o limite norte do domínio.

Tanto na matriz de conectividade como no gráfico de suprimento líquido é claro a diminuição de larvas recrutadas quando comparado com outros períodos do ano, sendo este o período de menor emissão ao longo do ano, segundo a curva de emissão utilizada. Além disto esta diminuição de larvas é agravada pelos longos períodos de afloramento costeiros, que acontecem durante este trimestre. Com uma menor emissão e ainda as larvas sendo advectadas para o largo, é normal que seja registada esta diminuição dos valores na matriz de conectividade, justificando também os valores perto de zero no gráfico do suprimento líquido.

4.2.4 Discussão do recrutamento do quarto trimestre

Neste último trimestre, os ventos de sul são mais frequentes, provocando períodos de convergência mais fortes e frequentes. Na Figura 28 observa-se que nas regiões a sul de Vigo emitem larvas que são retidas na região da Corunha. Este transporte é provocado pelos ventos fortes de sul, pois estes fazem com que haja um transporte predominante em direção a norte. Um exemplo claro disto são as larvas de Aveiro que chegam a Corunha, estas percorrem aproximadamente uns 260 km em direção a norte.

Este transporte provocado pelo vento é um processo oceanográfico, tal como se verifica no gráfico do suprimento líquido de Vigo, Pontevedra e Arousa em que é observado um suprimento positivo para estas três Rias. Contudo, no caso das Rias de Vigo e Pontevedra, mesmo estando a sul, recrutam larvas provenientes de Arousa, mais uma vez isto é consequência da elevada quantidade de larvas emitidas pela Ria de Arousa.

Mesmo esta sendo uma altura do ano em que há pouca emissão de larvas, por causa do ao fenómeno da convergência uma grande parte destas que são emitidas chegam a ser recrutadas.

4.2.5 Discussão do recrutamento anual

Ao longo do ano observou-se que os fenómenos de afloramento costeiro e convergência são muito importantes no recrutamento, uma vez que se não existirem larvas perto dos locais de recrutamento devido a um afloramento costeiro estas não podem ser recrutadas. A direção do vento também irá influenciar a direção do deslocamento das larvas, ao largo da linha de costa.

Segundo a Tabela 2, o segundo trimestre representa 48,9% do total recrutado, isto deve-se ao facto da curva de emissão de larvas utilizada ter o seu máximo nos meses de março e abril, como o crescimento das larvas até a fase adulta demora aproximadamente entre 4 a 6 semanas, fazem que haja muitas larvas no domínio durante o segundo trimestre, assim que qualquer evento de convergência irá transportar um elevado número de larvas em direção aos pontos de recrutamento.

No gráfico do suprimento líquido é claro que a Ria de Muros e as regiões a norte desta são ao longo do ano os maiores beneficiários de larvas, ou seja têm um valor de suprimento líquido baixo, isto deve-se a que estas estão a norte de Arousa, que como se sabe é o maior fornecedor de larvas, e

no caso da Ria de Muros também a sua morfologia, já que devido as características desta Ria, a entrada de larvas é facilitada. Por outro lado a Ria de Arousa é a que tem um suprimento líquido maior, tal como a Ria de Muros, esta também tem uma morfologia aberta o que também facilita a movimentação das larvas, mas neste caso elas migram para fora desta.

4.3 Discussão das contagens

Na fase Velígera em D em todas as Rias observa-se que o autorrecrutamento é a fonte de maior contribuição de larvas. Isto deve-se ao facto do curto período de tempo em que as larvas estão nesta fase, não tendo tempo de percorrer grandes distâncias.

Na fase Velígera Umbonada em todas as Rias exceto a de Muros, observa-se que ainda domina o autorrecrutamento. Isto pode ser consequência do facto das larvas se encontrarem numa fase muito prematura, podendo não ter tido tempo e condições suficientes para ser advectada da sua origem. Na Ria de Muros já é claro o domínio da densidade de larvas que provêm de Arousa, isto deve-se a que Arousa produz muito maior quantidade de larvas do que Muros.

Na fase Pedivelígera, em todas as Rias há um claro ponto em comum, todas têm como maior fornecedor a Ria de Arousa, isto porque esta Ria emite 60% do total das larvas, o que faz com este domínio seja facilmente justificado.

4.3.1 Densidade da Ria de Vigo

Na fase Velígera em D na Ria de Vigo observou-se também que o local que mais contribuiu excluindo o autorrecrutamento, foi a zona rochosa de Baiona, isto deve-se à proximidade entre estas duas regiões e ao facto de haver um forte transporte de larvas para norte.

Na fase Velígera Umbonada o fornecimento de Arousa ganha mais relevância, isto porque as larvas com mais dias de vida conseguem deslocar-se para mais longe quando comparado com a fase anterior.

Na fase Pedivelígera o autorrecrutamento é a segunda maior fonte de fornecimento, isto acontece porque a Ria é bastante fechada e tem dois pontos de contagem em locais da parte interior da Ria, onde os intercâmbios com a parte exterior e com a plataforma podem ser reduzidos.

4.3.2 Densidade da Ria de Pontevedra

Na fase Velígera em D, o segundo ponto de emissão que mais contribui para a densidade é a Ria de Vigo, devido aos pontos de contagem serem mais perto da Ria de Vigo que de outro ponto emissor.

Na fase Velígera Umbonada, aumentam as larvas provenientes de Vigo, mas também as provenientes de Arousa. Isto deve-se a que estas tem mais tempo de vida e conseguem ser advectadas a distância maiores que na fase Velígera em D, como já foi referido anteriormente.

Na fase Pedivelígera, a Ria de Vigo é a segunda fonte mais importante, isto porque nesta fase as larvas já têm entre 4 a 6 semanas, o que é tempo suficiente para estas conseguirem deslocar-se para esta Ria.

4.3.3 Densidade da Ria de Arousa

Nesta Ria nas três fases domina o autorrecrutamento. Por outro lado com o aumento da idade das larvas a Ria de Vigo ganha alguma relevância nos dados, isto porque Vigo é o segundo maior emissor de larvas. A Ria de Pontevedra também tem sua importância mas isto deve-se ao facto da proximidade geográfica entre as Rias.

4.3.4 Densidade da Ria de Muros

Na fase Velígera em D a Ria de Arousa é bastante importante mesmo sendo inferior ao autorrecrutamento. Isto deve-se a que a Ria de Muros tem os pontos de contagem próximos da boca da Ria, o aumentar a probabilidade de uma larva ser contada nesta posição.

Na fase Velígera Umbonada, devido a localização dos pontos de contagem e a grande quantidade de larvas emitidas pela Ria de Arousa, fazem com que esta seja a maior fornecedora de larvas, para a Ria de Muros.

Na fase Pedivelígera é de destacar que é na Ria de Muros que é contado o máximo de larvas nesta idade em comparação com as outras Rias. Tendo contribuído para isto os seguintes fatores:

- A localização de Muros, já que esta está a norte do maior fornecedor de larvas, ou seja a Ria de Arousa.
- A localização dos pontos de contagem.
- Por último a sua morfologia, sendo aberta na boca.

5. Conclusões

Foi utilizado o modelo lagrangiano ROFF associado a o sistema de modelação ROMS, para estudar a dispersão de larvas de mexilhão durante o ano de 2009. Este estudo numérico foi comparado com uma serie de campanhas oceanográficas semanais nas principais Rias galegas: Vigo, Pontevedra Arousa e Muros, com o intuito de validar os resultados obtidos pelo modelo numérico. Pode-se considerar que o modelo ROFF foi validado com sucesso.

Devido a que o tempo de duração larvar é relativamente elevado (4-6 semanas), a taxa de sucesso no recrutamento é de 0,25% e por consequência a mortalidade total da larva é 99,75% o que é considerado como sendo realista.

O regime de ventos, e os fenómenos oceanográficos associados, foram determinantes no processo de dispersão larvar. Assim os ventos de norte observados, predominantemente entre os meses de julho e setembro de 2009, induziram uma advecção predominante para o largo (com uma forte mortalidade de larvas por advecção), e tendência para um aumento da conectividade em direção a sul. Por outro lado o regime de ventos variável observado na primavera (segundo trimestre), favorece a um maior recrutamento durante este período, de forma coincidente com os períodos de maior emissão de larvas.

A distribuição espacial de larvas está condicionada pelo facto de que na Ria de Arousa existe a maior quantidade de bateias, sendo assim a maior fornecedora de larvas de todas as Rias, em termos absoluto. Ao mesmo tempo esta Ria comporta-se como fonte, porque recebe menos larvas das que emite com sucesso.

Observou-se ainda que a Ria de Muros se comporta de forma frequente como região recetora de larvas (região sumidouro).

A Ria de Pontevedra têm um comportamento similar à de Muros (embora com maior variabilidade), o que sugere que as Rias adjacentes à Ria principal (em termos de emissão larvar, a Ria de Arousa) estão fortemente influenciadas por esta.

A localização das estações de contagem também podem influenciar a distribuição da densidade larvar nas diferentes fases.

5.1 Trabalho futuro

É de destacar que do nosso conhecimento este é o primeiro estudo exaustivo de dispersão larvar (zonal) realizado nesta região, para o caso do mexilhão, em que foram utilizadas técnicas avançadas de modelação numérica.

Com o decorrer deste estudo verificaram-se situações que podem ser contempladas de forma a completar e melhorar este:

- De forma a obter resultados mais representativos, é aconselhável utilizar dados de forçamentos dos ventos provenientes de modelos meteorológicos, como WRF (Weather Research and Forecasting) com melhor resolução espacial e temporal do que o utilizado.
- Outro fator que pode ser adicionado no modelo para melhorar os resultados seria considerar a *reta de crescimento e mortalidade das larvas em função a salinidade*, pois neste estudo só foi considerada a *reta de crescimento e mortalidade das larvas em função da temperatura*.
- Fazer uma análise climatológica da conectividade nesta região, ou seja, aumentando o número de anos em estudo.

Referências bibliográficas

- A.F. Shchepetkin, J.C. McWilliams (2005) *The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model*. *Ocean Model.*, 9 (4) (2005), pp. 347–404
- Carr S., X.Capet, J. McWilliams, T. Pennington, and F. Chavez, (2007) *The influence of Diel Vertical Migration on Zooplankton Transport and Recruitment in an Upwelling Region*. *Fisheries Oceanography*, 17: 1–15.
- Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida Mexillón de Galicia. (2012). *Tradición histórica*. Acedido em 10 de outubro de 2015, em <http://www.mexillondegalicia.org/sector-productor/historia-del-mejillon.html>
- Dodet G., Bertin X. and Taborda R. (2010). Wave climate variability in the North-East Atlantic Ocean over the last six decades. *Ocean Modelling*, 31:120–131.
- Eurostat Statistics Explained. (2014). *Aquaculture*. Acedido em 11 de outubro de 2015, em http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Fishery_statistics_in_detail
- Fraga F., Margalef R. (1979) *Las Rias gallegas. Estudio y Explotacion del mar en Galicia*, Santiago de Compostela (1979), pp. 101–121
- Nolasco R., Cordeiro-Pires A., Cordeiro, N., Le Cann, B. Dubert J., (2013) *A high-resolution modeling study of the Western Iberian Margin mean and seasonal upper ocean circulation*, *Ocean Dynamics*, DOI 10.1007/s10236-013-0647-8
- Nolasco R., Dubert J., Domingues C., Pires A., Queiroga H. (2013-b) *Model-derived connectivity patterns along the western Iberian Peninsula: asymmetrical larvar flow and source-sink cell*. *Marine ecology Progress Series*, vol.485:123-142,
- Philippart C, Amaral A, Asmus R, Bleijswijk J, Bremner J, Buchholz F, Cabanellas-Reboredo M, Catarino D, Cattrijsse A, Charles F, Comtet T, Cunha A, Deudero S, Duchêne J, Fraschetti S, Gentil F, Gittenberger A, Guizien k, Gonçalves J, Guarnieri G, Hendriks I, Hussel B, Vieira R, Sampaio I, Thiebaut E, Viard F, Zuur A (2012) Spatial synchronies in the seasonal occurrence of larvae of oysters (*Crassostrea gigas*) and mussels (*Mytilus edulis/galloprovincialis*) in European coastal waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 108(2012)52-63.
- Relvas P., Barton E., Dubert J., Oliveira P., Peliz A., Silva J., Santos A. (2007) *Physical oceanography of the western Iberia ecosystem: Latest views and challenges*, *Progress in Oceanography* 74 (2007) 149-173.

Ruiz M, Tarifeño E, Llanos-Rivera A, Padget C, Campos B (2008) Efecto de la temperatura en el desarrollo embrionario y larvar del mejillón, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43 (1); 51-61.

Sánchez-Lazo C, Martínez-Pita I (2012) Effect of temperature on survival, growth and development of *Mytilus galloprovincialis* larvae. *Aquaculture Research*, 43:1127-1133.

Torrado F., Roget F., julio González. (2000) *El sector del mejillon en la economia de las zonas productoras de Galicia*, 101–121.

Vitorino J., Oliveira A., Jouanneau J.M. and Drago T. (2002). Winter dynamics on the northern Portuguese shelf. Part 1: physical processes. *Journal of Geophysical Research*, 108:3130–3143.